Electron S.R.L.

Design
Production &
Trading of
Educational
Equipment

B3600 – ELECTRONIQUE DE PUISSANCE

MANUEL D'INSTRUCTIONS

Electron S.R.L. - MERLINO - MILAN ITALIE Tel (++ 39 02) 9065 9200 Fax 9065 9180
Web – www.electron.it , e-mail – electron@electron.it

B3600ED10.DOC 01/2011

SOMMAIRE

1. GENERALITES

2. EXPERIENCES AVEC REDRESSEURS NON CONTROLES

EXERCICE No.1: Redresseur demi-onde
EXERCICE No.2: Pont redresseur monophasé pleine onde
EXERCICE No.3: Redresseur monophasé pleine onde à point médian
EXERCICE No.4: Redresseurs triphasés à point médian
EXERCICE No.5: Redresseur triphasé pleine onde

3. EXPERIENCES AVEC THYRISTORS ET TRIACS

EXERCICE No.6: Redresseur contrôlé à demi-onde
EXERCICE No.7: Redresseur monophasé contrôlé pleine onde à point médian
EXERCICE No.8: Pont monophasé symétrique demi-contrôlé
EXERCICE No.9: Pont monophasé symétrique
EXERCICE No.10: Pont monophasé entièrement contrôlé
EXERCICE No.11: Redresseur triphasé contrôlé à point médian
EXERCICE No.12: Redresseur triphasé demi-contrôlé
EXERCICE No.13: Redresseur triphasé entièrement-contrôlé
EXERCICE No.14: Contrôle monophasé et triphasé par Triac

4. EXPERIENCES AVEC ONDULEURS AUTONOMES A THYRISTORS ET MOSFET

EXERCICE No.15: Onduleurs à thyristors avec charge résistive
EXERCICE No.16: Onduleurs à thyristors avec charge inductive
EXERCICE No.17: Onduleurs à MOSFET avec charge résistive
EXERCICE No.18: Onduleurs à MOSFET avec charge inductive

5. CONVERTISSEURS C.C.-C.C. DEVOLTEURS ET SURVOLTEURS

EXERCICE No.19: Convertisseurs c.c.-c.c. dévolteurs
EXERCICE No.20: Convertisseurs c.c.-c.c. survolteurs

6. UTILISATION DES AMPLIFICATEURS DE MESURE OPTO-ISOLES

7. ENTRETIEN DE L'UNITE DIDACTIQUE

1 - GENERALITES

Cette unité didactique comprend des équipements pour étudier et expérimenter différentes techniques de conversion et de contrôle de la puissance électrique.
Les détails de ces équipements, ainsi que la description guidée des expériences sont donnés dans la suite. Cette section traite pourtant seulement les informations générales pour faire fonctionner le système correctement et en toute sécurité.

- Sauf indication contraire au moment de l'achat l'unité didactique est livrée pour un fonctionnement sur secteur triphasé 380V, 50 à 60Hz.
  La connexion à une tension triphasée 220V est possible en changeant d'Etoile à Triangle le transformateur d'alimentation interne.

- Séquence de phase: certains modules de l'unité didactique nécessitent une séquence de phase prédéterminée (dans le sens horaire) de la tension secteur. Pour faciliter la connexion au secteur avec séquence de phase correcte, un circuit de contrôle de phase est présent, avec affichage de séquence de phase correcte ou erronée (témoins Vert et Rouge).

- Tension pour l'expérimentation: le transformateur intégré dans l'unité didactique fournit des sorties secondaires à 160V et aussi à 24V c.a. L'utilisation de la source basse tension est naturellement recommandée dans un laboratoire d'une école pour des raisons de sécurité.
  Une autre raison de préférer quand possible l'utilisation de sources à basse tension est que telles tensions sont facilement observables avec un oscilloscope ordinaire, ce qui rend les résultats des expériences plus impressionnants.
  Toutes les tensions utilisées pour les expériences sont isolées du secteur.

- Protections et sécurité: un disjoncteur magnétothermique et différentiel est présent sur la connexion c.a., ainsi qu'un bouton d'arrêt d'urgence avec verrouillage mécanique. Le déverrouillage de ce bouton nécessite une rotation d'un quart de tour. En fonctionnement normal, la mise sous tension et hors tension de l'appareil devrait de préférence être faite au moyen de l'interrupteur à clé (voir Fig.1).
  Les sorties secondaires du transformateur sont protégées par des disjoncteurs rapides.
  La remise à zéro des disjoncteurs se fait en appuyant sur le bouton correspondant.

– L'unité didactique comprend des dispositifs auxiliaires (condensateurs, inductances et résistances) à utiliser comme charges pour faciliter les expériences. Ces éléments sont indiqués avec des étiquettes sur la face avant de l'unité didactique. Les valeurs nominales des autres dispositifs de cette unité didactique sont comme suit:

Diodes	type: 12FR80 valeurs limite: 800 V, 12 A nominale, 280 A crête
Thyristors	type: FS0809.H valeurs limite: 800 V, 8 A nominale, 100 A crête
Triacs	type: BTA12-800 valeurs limite: 800 V, 12 A nominale, 100 A crête

– Plusieurs expériences décrites dans ce manuel comme nécessitant des charges résistives ou moteurs peuvent être plus impressionnantes si une lampe incandescente ordinaire est utilisée à la place. La lampe permet une perception immédiate du niveau de puissance.
La valeur nominale pour cette lampe peut être 220-250V, 60 à 100W.

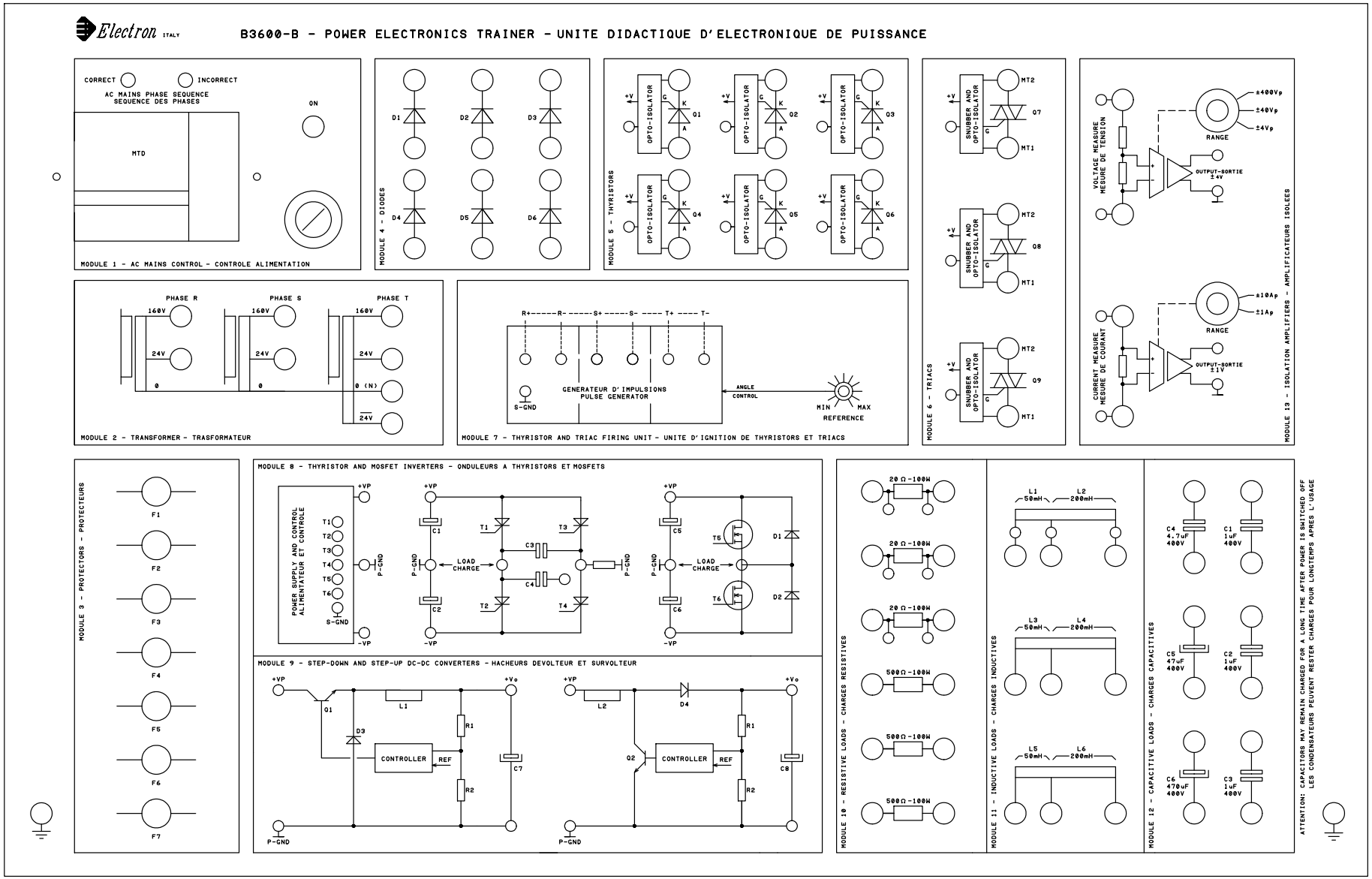


FIG.1 - FRONT VIEW OF THE TRAINER - VUE FRONTALE DE L'ENTRAINEUR

3600B10 X0F1

AVIS DE SECURITE IMPORTANT A LIRE AVANT D'UTILISER L'UNITE DIDACTIQUE

– Les condensateurs, une fois chargés et laissés ouverts, maintiennent leur charge et le danger potentiel pour une période allant de secondes à quelques heures! Faites très attention lorsque vous manipulez les connexions des condensateurs de l'unité didactique. Ils peuvent être restés chargés d'une expérience précédente.

– C6 est un condensateur électrolytique de grande valeur. Ce composant est protégé contre l'inversion de polarité par une diode placée en parallèle. Aussi, puisque un tel grand condensateur maintiendrait sa charge (et le danger potentiel) pendant une longue période, une résistance de décharge de 330KΩ est placée en parallèle avec lui. Cette résistance peut décharger le condensateur dans un temps de 30 sec à quelques minutes en fonction de la tension initiale.
Toujours attendre pendant un temps suffisant après la mise hors tension avant de faire des modifications aux cavaliers impliquant les condensateurs. En cas de doute, vérifier la tension du condensateur avec un voltmètre.

– Ne jamais décharger un grand condensateur en le court-circuitant avec un outil métallique ou un cavalier. Une nuisible étincelle sera le résultat. Utiliser une résistance de décharge.

– Ne jamais connecter un condensateur déchargé dans un circuit fonctionnant: le courant de charge initial pourrait être si haut pour détruire les redresseurs ou tout autre dispositif actif dans le circuit.

– Ne jamais enlever ou remplacer les connexions quand l'unité est sous tension. C'est une règle générale, particulièrement précieuse quand les condensateurs sont impliqués.

2 – EXPERIENCES AVEC REDRESSEURS NON CONTROLES

Ce chapitre traite la grande variété de configurations de redresseurs utilisés. Pour chaque configuration un diagramme est donné pour montrer les principes de l'expérience et ensuite la mise en place pratique des éléments de l'unité didactique.

Notez les points suivants:

- les limites nominales des 6 diodes utilisées dans l'unité didactique sont 800V, 12A
- la puissance nominale des résistances de charge de l'unité didactique est de 100W

  Dans la mise en place d'une expérience faire d'abord un calcul de la puissance qu'on prévoit de livrer aux charges, ceci afin de ne pas dépasser les limites admissibles.

  Toujours prévoir une marge suffisante.

  Par exemple pour une résistance de 100W ne permettre pas plus de 60W environ.

  Maintenir l'appareil en marche pour le temps juste nécessaire pour l'expérience. Ne laisser pas l'appareil en marche sans surveillance

EXERCICE No.1: Redresseur demi-onde

Les figures 1, 2, 3 montrent respectivement le schéma d'un redresseur demi-onde avec charge résistive (Fig.1), avec charge résistive-capacitive (Fig.2) et avec charge résistive-inductive (Fig.3).

Les figures 4, 5, 6 montrent la mise en place pratique du circuit pour le 3 cas

Noter qu'on utilise une source de basse tension (24V) à partir de la phase T du transformateur. Naturellement rien ne changerait en utilisant les phases R ou S à la place.
L'utilisation d'une source de basse tension permet la connexion directe de l'oscilloscope à des éléments de circuit pour analyser le fonctionnement.

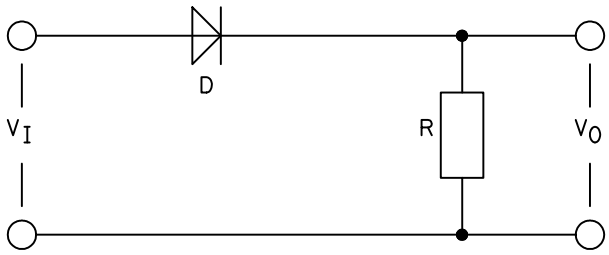


FIG.1 - THE HALF-WAVE RECTIFIER WITH RESISTIVE LOAD
REDRESSEUR DEMI-ONDE AVEC CHARGE RESISTIVE

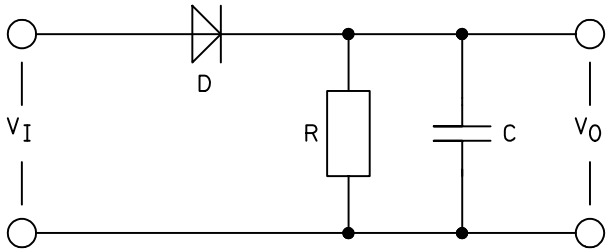


FIG.2 - THE HALF-WAVE RECTIFIER WITH RC LOAD
REDRESSEUR DEMI-ONDE AVEC CHARGE RC

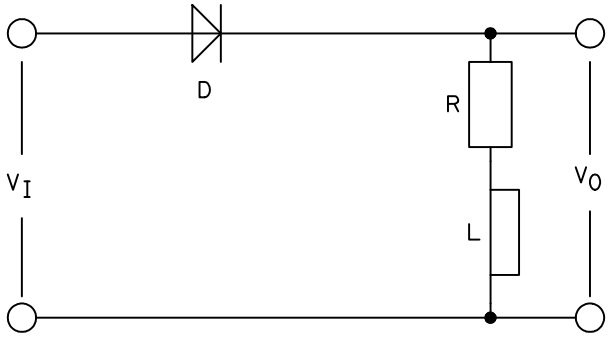
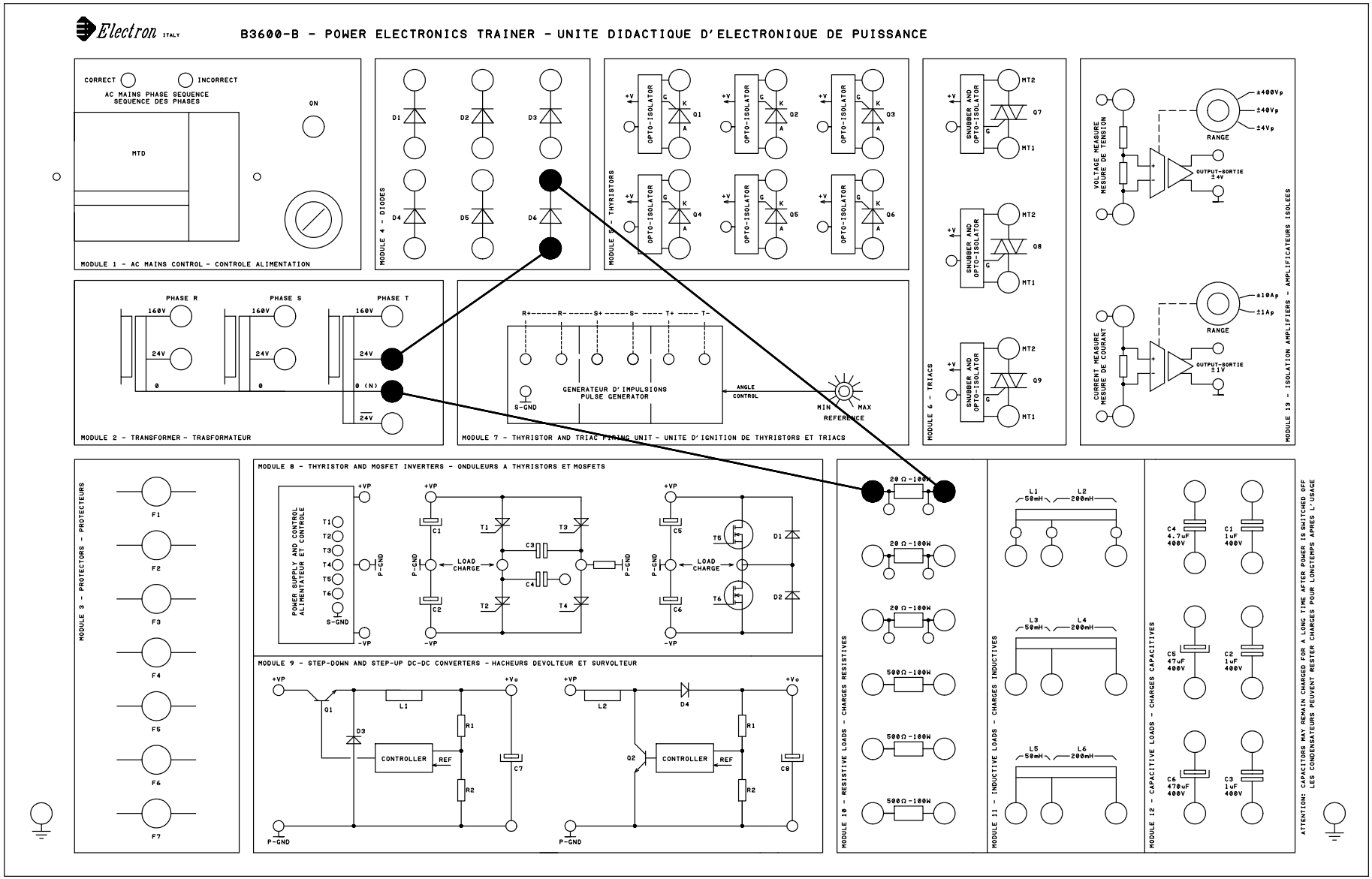
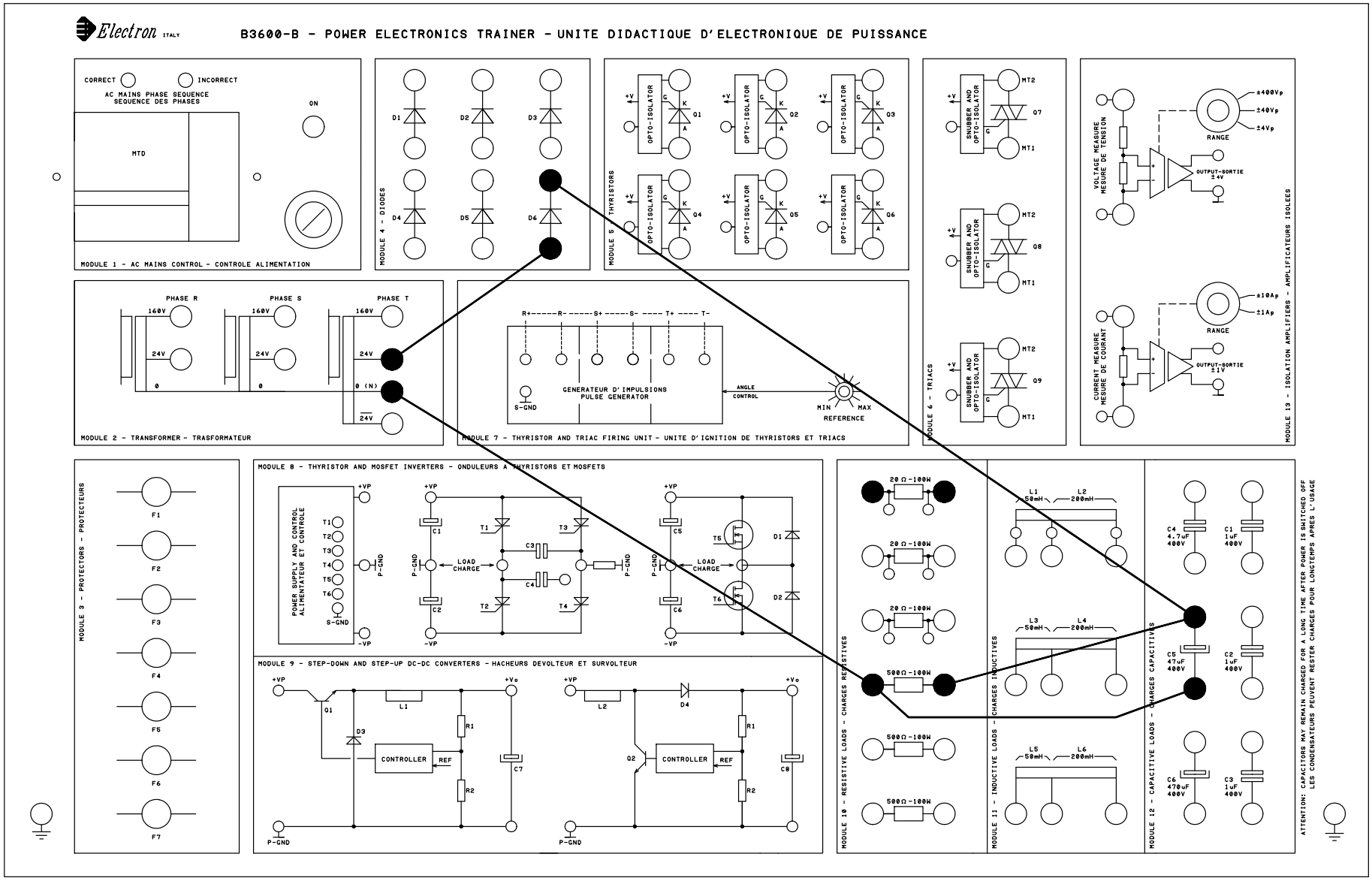


FIG.3 - THE HALF-WAVE RECTIFIER WITH RL LOAD
REDRESSEUR DEMI-ONDE AVEC CHARGE RL

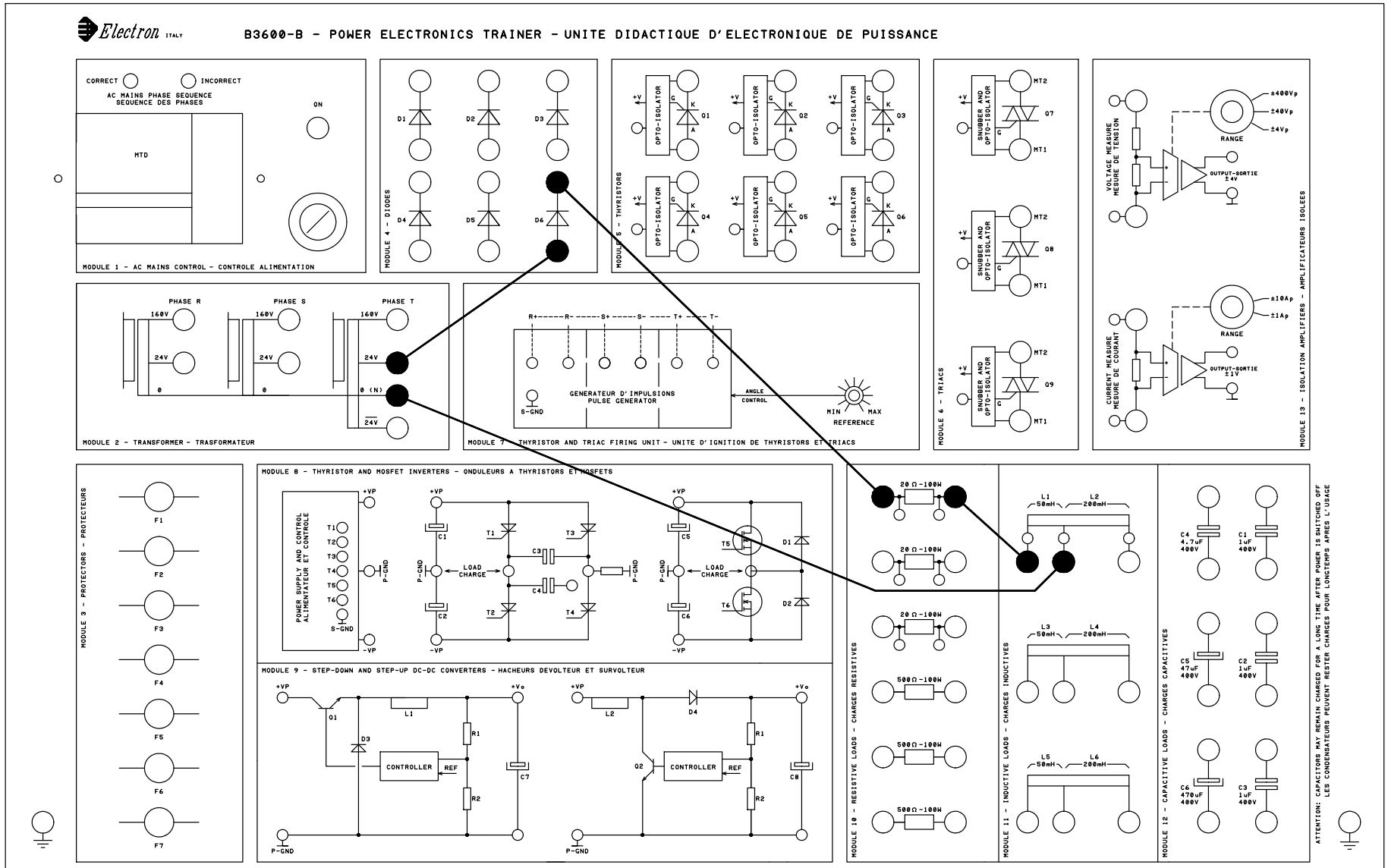
3600B10 W1F1



WORKSHEET N.1 - FIG.4 - PRACTICAL SETUP OF THE SCHEME OF FIG. 1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1



WORKSHEET N.1 - FIG.5 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.2 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.2 3600B10 W1F5



WORKSHEET N.1 - FIG.6 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.3 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.3 3600B10 W1F6

EXERCICE No.2: Pont redresseur monophasé pleine onde

Les figures 1, 2, 3 montrent le schéma du pont redresseur avec charge résistive (Fig.1), avec charge résistive-capacitive (Fig.2) et avec charge résistive-inductive (Fig.3).

Les figures 4, 5, 6 montrent la mise en place pratique du circuit pour le trois cas.

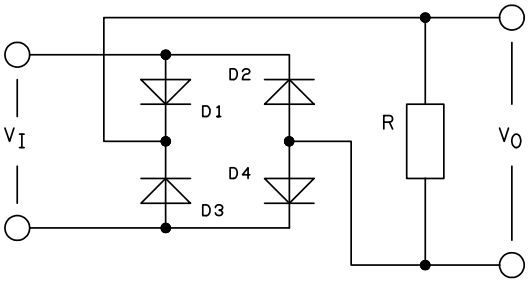


FIG.1 - SINGLE-PHASE BRIDGE RECTIFIER WITH R LOAD
PONT REDRESSEUR MONOPHASE AVEC CHARGE R

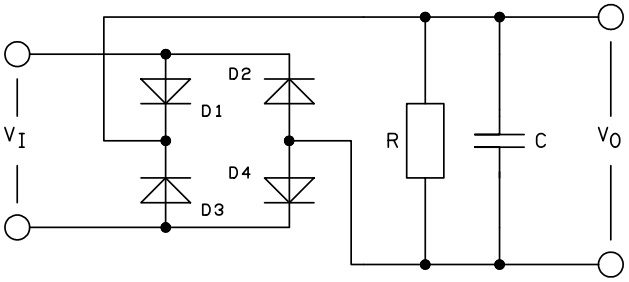


FIG.2 - SINGLE-PHASE BRIDGE RECTIFIER WITH RC LOAD
PONT REDRESSEUR MONOPHASE AVEC CHARGE RC

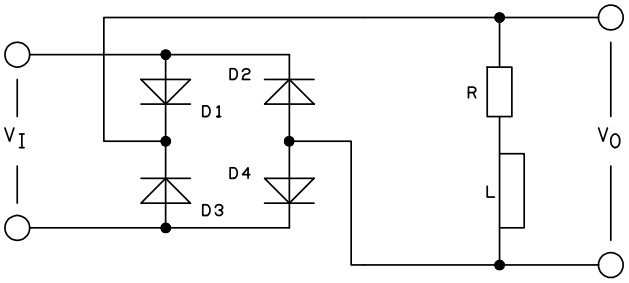
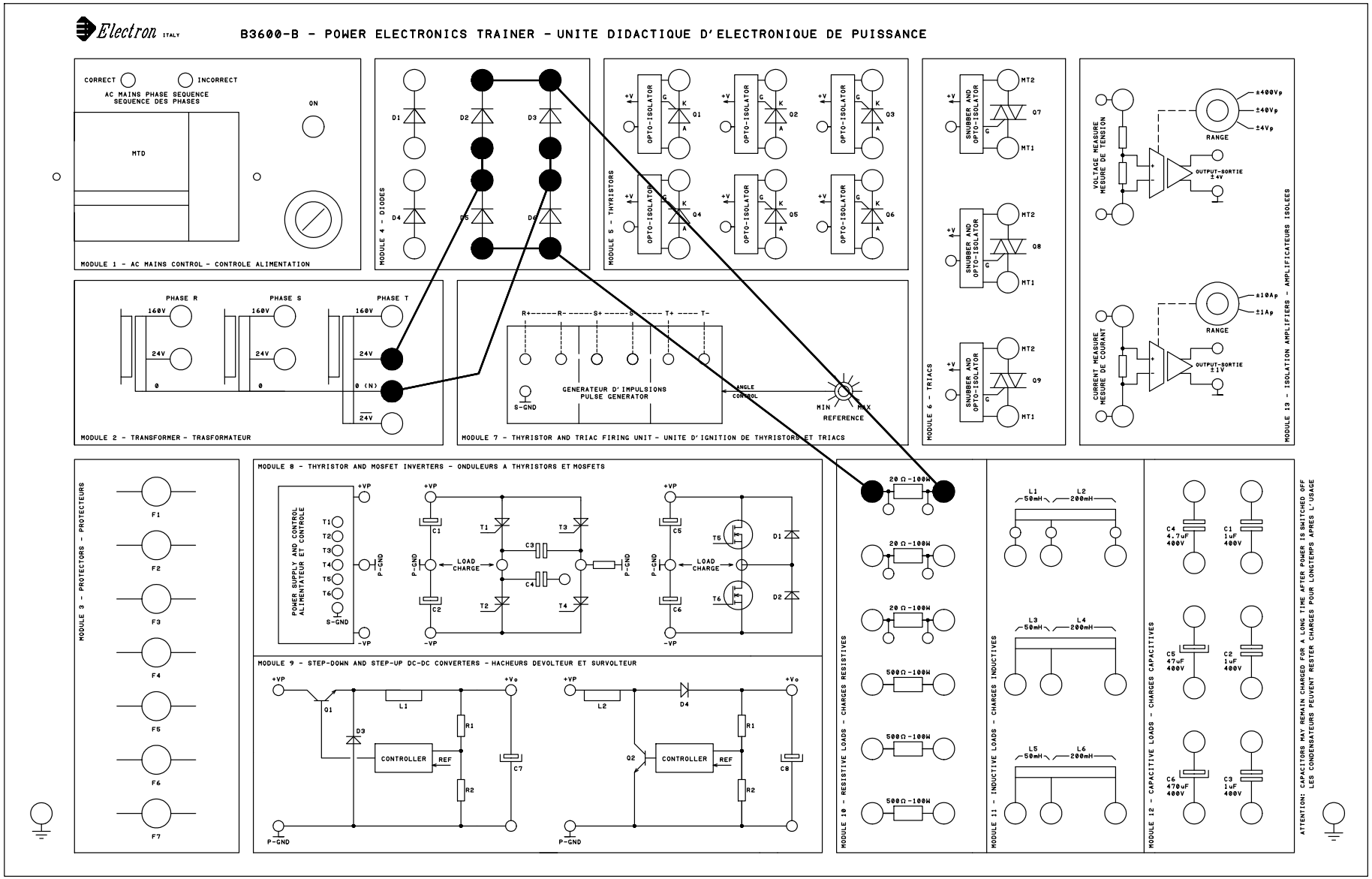
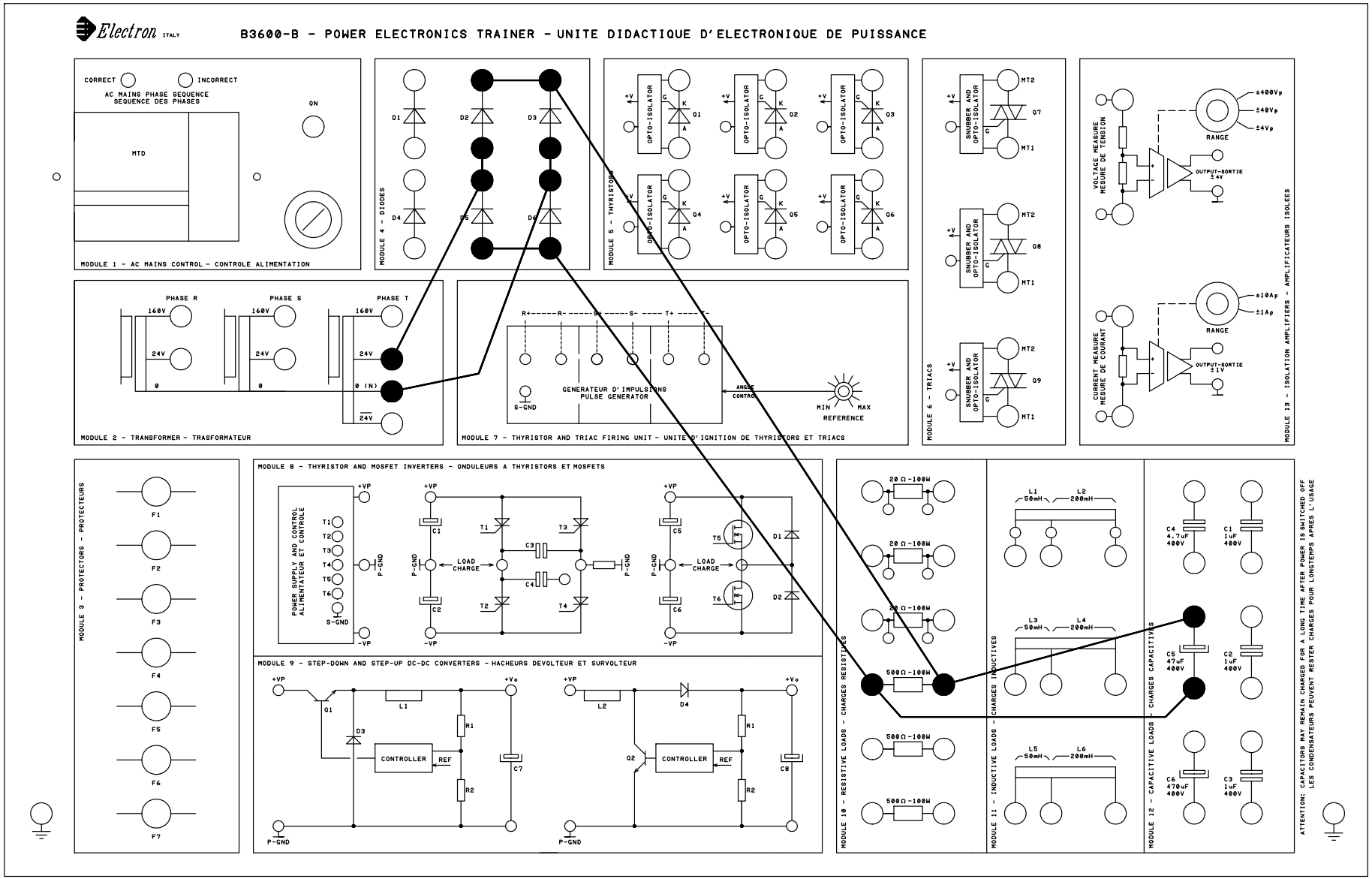


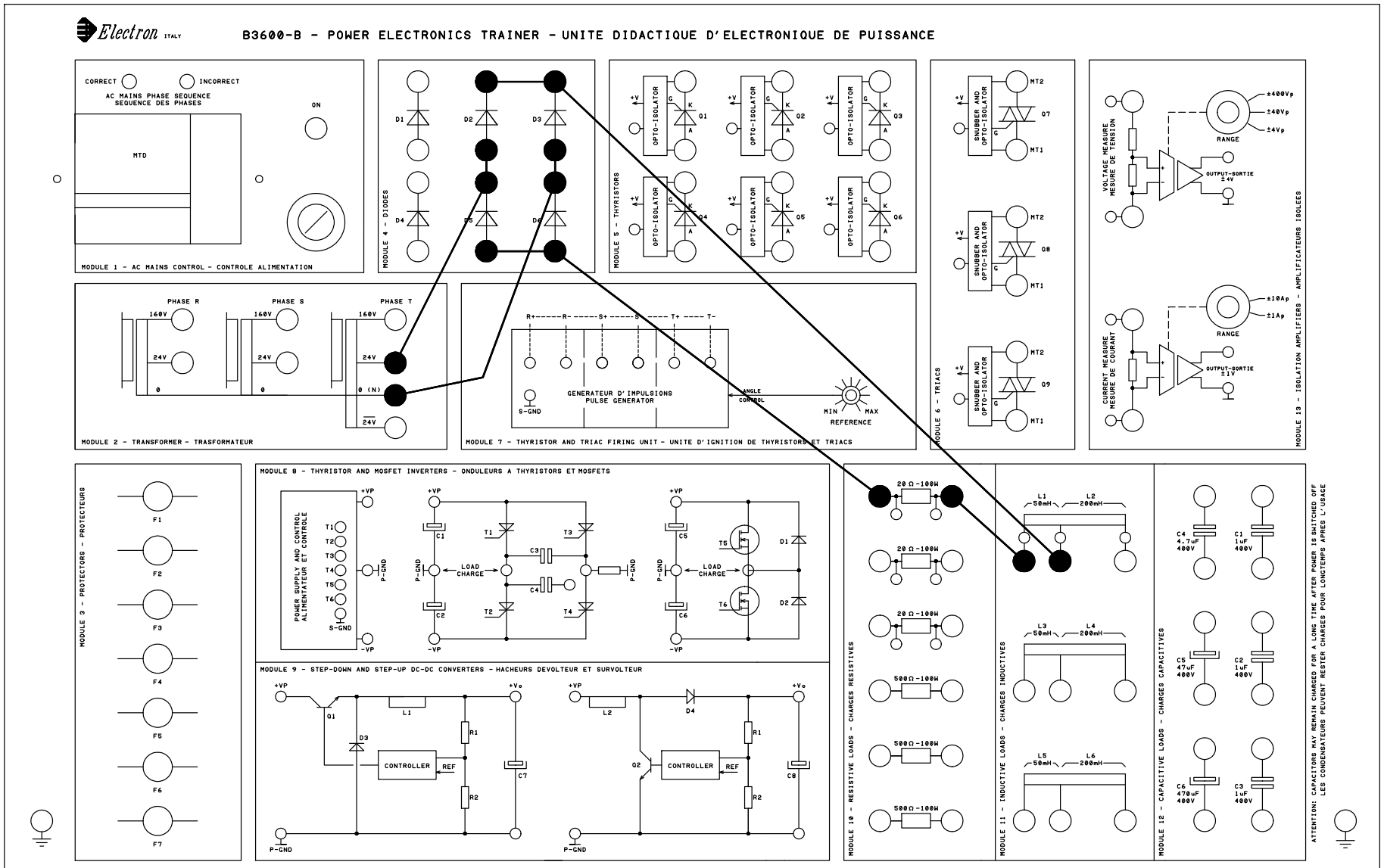
FIG.3 - SINGLE-PHASE BRIDGE RECTIFIER WITH RL LOAD
PONT REDRESSEUR MONOPHASE AVEC CHARGE RL

3600B10 W2F1


Electron ITALY
B3600-B - POWER ELECTRONICS TRAINER - UNITE DIDACTIQUE D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE
CORRECT
INCORRECT
AC MAINS PHASE SEQUENCE
SEQUENCE DES PHASES
ON
MTD
MODULE 1 - AC MAINS CONTROL - CONTROLE ALIMENTATION
MODULE 4 - DIODES
D1
D2
D3
D4
D5
D6
MODULE 5 - THYRISTORS
OPTO-ISOLATOR
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
Q6
MODULE 6 - TRIACS
SNUBBER AND OPTO-ISOLATOR
Q7
Q8
Q9
MT1
MT2
MODULE 13 - ISOLATION AMPLIFIERS - AMPLIFICATEURS ISOLEES
VOLTAGE MEASURE
MESURE DE TENSION
RANGE
±400Vp
±40Vp
±4Vp
OUTPUT-SORTIE ±4V
CURRENT MEASURE
MESURE DE COURANT
±10Ap
±1Ap
OUTPUT-SORTIE ±1V
MODULE 2 - TRANSFORMER - TRASFORMATEUR
PHASE R
PHASE S
PHASE T
160V
24V
0
0 (N)
MODULE 7 - THYRISTOR AND TRIAC FIRING UNIT - UNITE D'IGNITION DE THYRISTORS ET TRIACS
R+
R-
S+
S-
T+
T-
GENERATEUR D'IMPULSIONS
PULSE GENERATOR
S-GND
ANGLE CONTROL
MIN
MAX
REFERENCE
MODULE 3 - PROTECTORS - PROTECTEURS
F1
F2
F3
F4
F5
F6
F7
MODULE 8 - THYRISTOR AND MOSFET INVERTERS - ONDULEURS A THYRISTORS ET MOSFETS
POWER SUPPLY AND CONTROL
ALIMENTATEUR ET CONTROLE
+VP
-VP
P-GND
S-GND
T1
T2
T3
T4
T5
T6
C1
C2
C3
C4
C5
C6
LOAD CHARGE
D1
D2
MODULE 9 - STEP-DOWN AND STEP-UP DC-DC CONVERTERS - HACHEURS DEVOLTEUR ET SURVOLTEUR
+Vo
Q1
Q2
L1
L2
D3
D4
R1
R2
CONTROLLER
REF
C7
C8
MODULE 10 - RESISTIVE LOADS - CHARGES RESISTIVES
20 Ω -100W
500Ω -100W
MODULE 11 - INDUCTIVE LOADS - CHARGES INDUCTIVES
L1 50mH
L2 200mH
L3 50mH
L4 200mH
L5 50mH
L6 200mH
MODULE 12 - CAPACITIVE LOADS - CHARGES CAPACITIVES
C4 4.7uF 400V
C1 1uF 400V
C5 47uF 400V
C2 1uF 400V
C6 470uF 400V
C3 1uF 400V
ATTENTION: CAPACITORS MAY REMAIN CHARGED FOR A LONG TIME AFTER POWER IS SWITCHED OFF
LES CONDENSATEURS PEUVENT RESTER CHARGES POUR LONGTEMPS APRES L'USAGE



WORKSHEET N.2 - FIG.5 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.2 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG. 2



WORKSHEET N. 2 - FIG.6 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG. 3 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG. 3

EXERCICE No.3: Redresseur monophasé pleine onde à point médian

Les figures 1, 2, 3 montrent le schéma du redresseur à point médian avec charge résistive (Fig.1), avec charge résistive-capacitive (Fig.2) et avec charge résistive-inductive (Fig.3).

La figure 4 montre la mise en place pratique pour le cas de la Fig. 1. Les autres deux cas peuvent être facilement déduits du premier par l'étudiant.

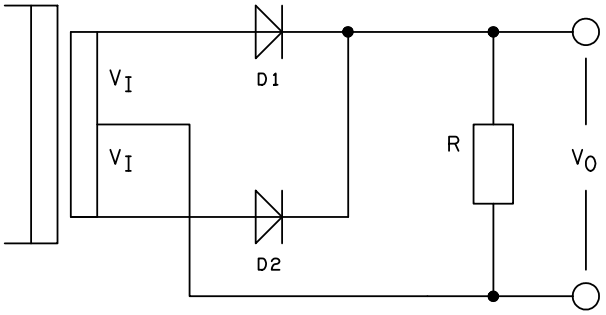


FIG.1 - SINGLE-PHASE, MIDPOINT RECTIFIER WITH R LOAD
REDRESSEUR MONOPHASE A POINT MILIEU ANVEC CHARGE R

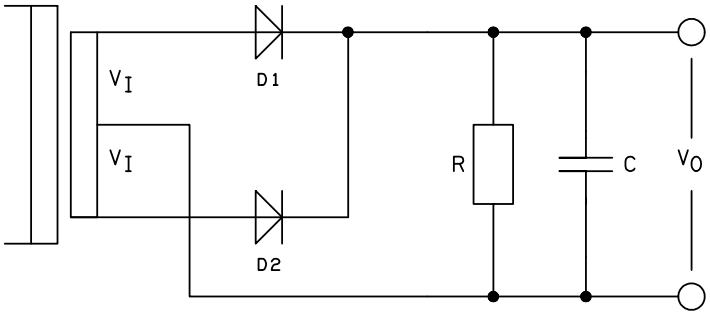


FIG.2 - SINGLE-PHASE MIDPOINT RECTIFIER WITH RC LOAD
REDRESSEUR MONOPHASE A POINT MILIEU AVEC CHARGE RC

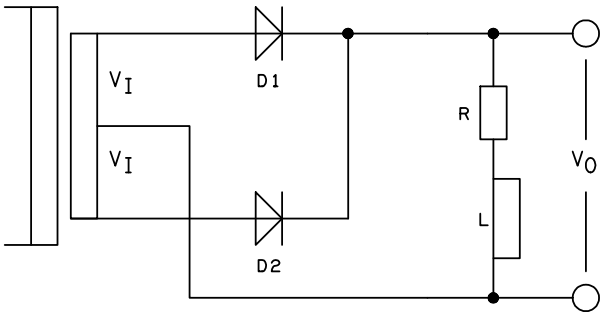
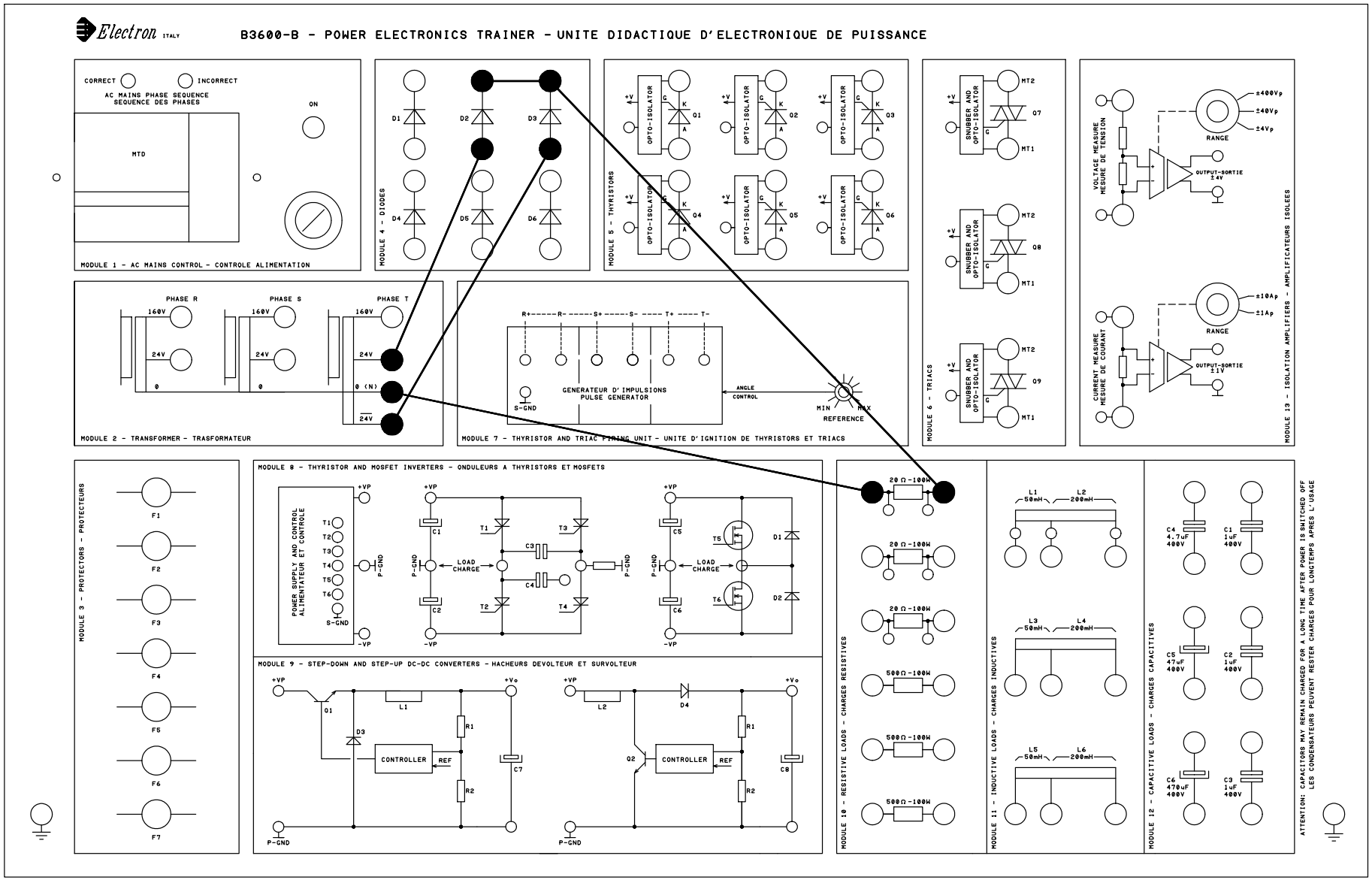


FIG.3 - SINGLE-PHASE MIDPOINT RECTIFIER WITH RL LOAD
REDRESSEUR MONOPHASE A POINT MILIEU AVEC CHARGE RL

3600B10 W3F1



WORKSHEET N.3 - FIG.4 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W3F4

EXERCICE No.4: Redresseurs triphasés à point médian

Les figures 1 et 2 montrent deux configurations possibles pour ce redresseur.
La figure 3 montre la mise en place pratique pour étudier ce cas. La configuration pour l'autre cas peut être facilement développée par l'étudiant en suivant le premier exemple.

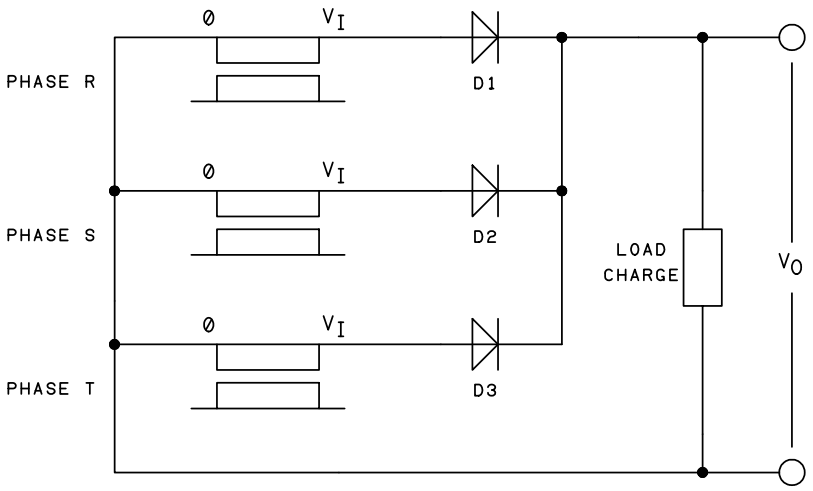


FIG.1 - THREE-PHASE MIDPOINT RECTIFIER
REDRESSEUR TRIPHASE A POINT MILIEU

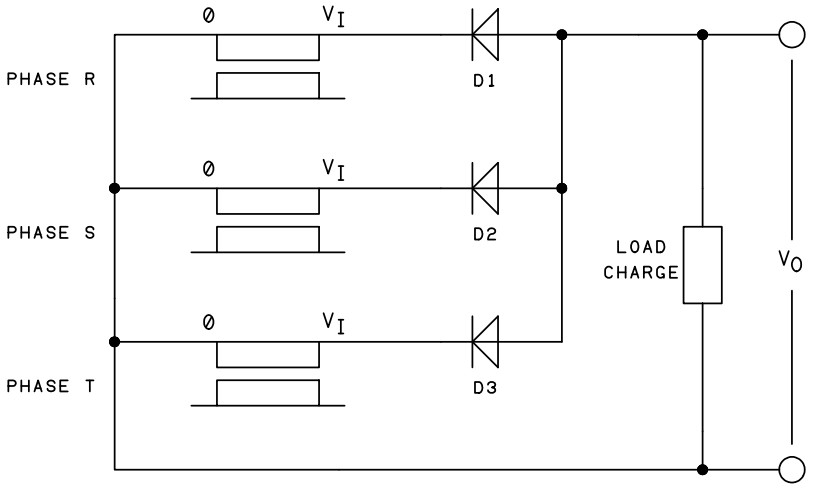
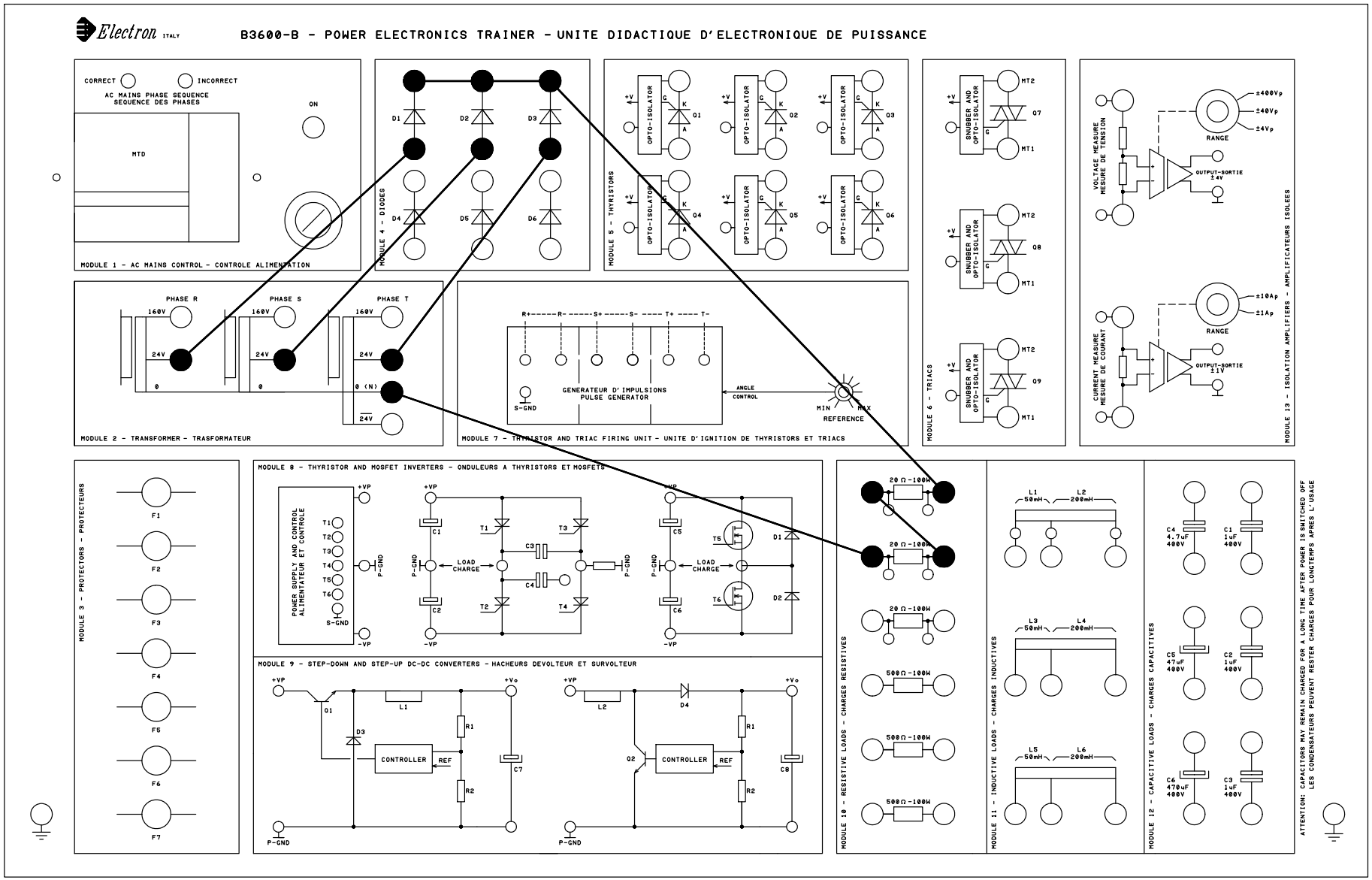


FIG.2 - THREE-PHASE MIDPOINT RECTIFIER FOR NEGATIVE OUTPUT
REDRESSEUR TRIPHASE A POINT MILIEU POUR SORTIE NEGATIVE

3600B10 W4F1



WORKSHEET N.4 - FIG.3 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W4F3

EXERCICE No.5: Redresseur triphasé pleine onde

Les figures 1 et 2 montrent respectivement le schéma et la mise en place pratique pour ce redresseur.

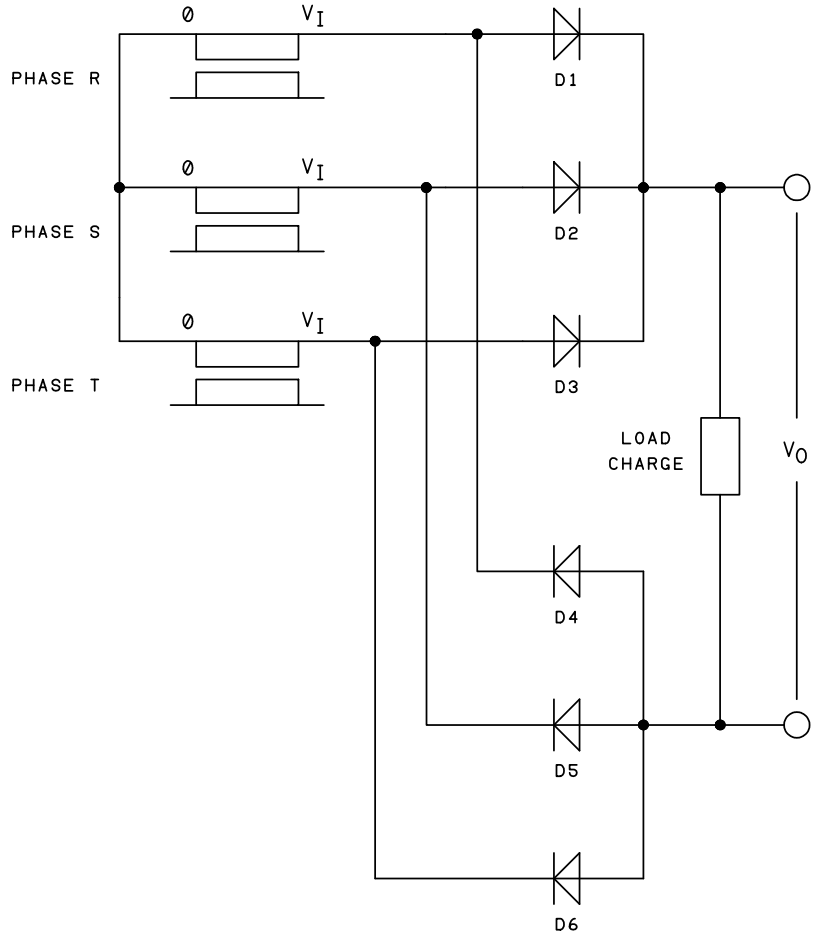
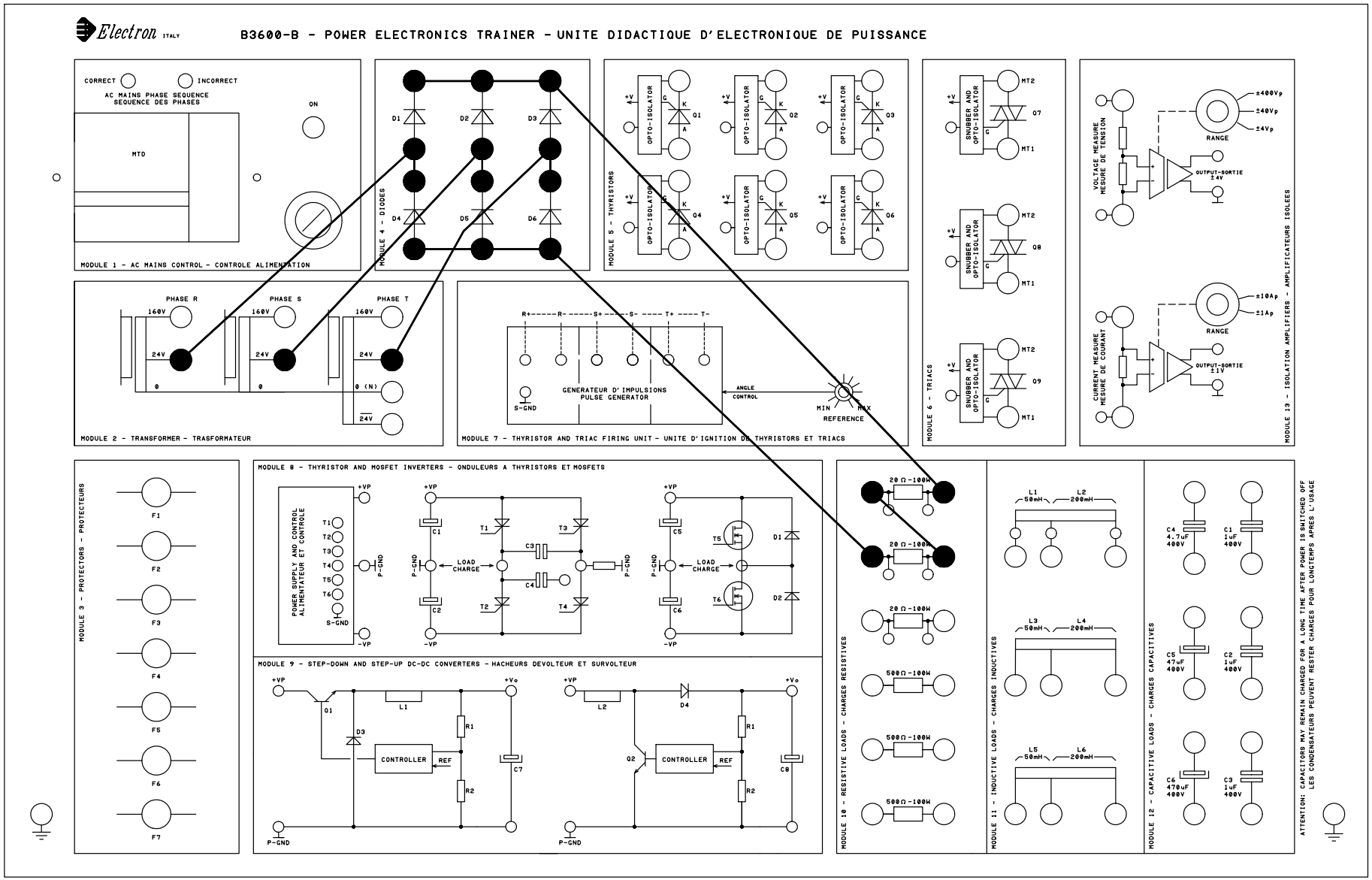


FIG.1 - THREE-PHASE FULL WAVE RECTIFIER
REDRESSEUR TRIPHASE A ONDE ENTIERE

3600B10 W5F1



WORKSHEET N.5 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1

3600B10 W5F2

3 – EXPERIENCES AVEC THYRISTORS AND TRIACS

L'unité didactique est équipée d'un Contrôleur de l'Angle d'Allumage (ou Générateur d'impulsions) pour effectuer des expériences sur les Thyristors et les Triacs.
La figure 1 montre le vue frontale de cette unité, tandis que la Fig.2 a le but d'expliquer ce fonctionnement.

Cette figure représente les trois tensions (R, S, T) d'un système triphasé. Chaque tension de phase est appliquée à la charge, pour une fraction de son cycle, c'est à dire avec un retard réglable sur le début du cycle. De cette manière la puissance livrée à la charge devient réglable.

Le contrôleur génère par chaque cycle de phase deux impulsions, respectivement pour les demi-cycles positif et négatif. Toutes les impulsions (6 par cycle) ont le même retard réglable sur le début de chaque demi-onde et le retard est contrôlé dans la plage de 0 à π par un potentiomètre.

En cette unité didactique les gâchettes des thyristors et des triacs sont fournies de opto-isolateurs qui permettent une pleine isolation galvanique entre les sections de Puissance et de Contrôle et simplifient les schémas de l'expérience.

La Fig. 3 montre le schéma détaillé d'un Thyristor et d'un Triac avec le relatif opto-isolateur. Pour le fonctionnement des Thyristors et des Triacs, la prise d'entrée de l'opto-isolateur doit être connectée à la sortie correcte du Contrôleur de l'Angle d'Allumage. Noter que les sorties de l'Unité d'Allumage sont des transistors Darlington qui peuvent être en parallèle si nécessaire pour réaliser une fonction logique OU. C'est le cas de certaines expériences (avec Triacs) et deviendra plus clair dans ce qui suit.

Noter que les sorties de l'unité d'allumage sont appelées R+, R-, S+, S-, T+, T-.
Les lettres indiquent la référence de phase, tandis que le signe +/- indique la polarité pour chaque sortie.

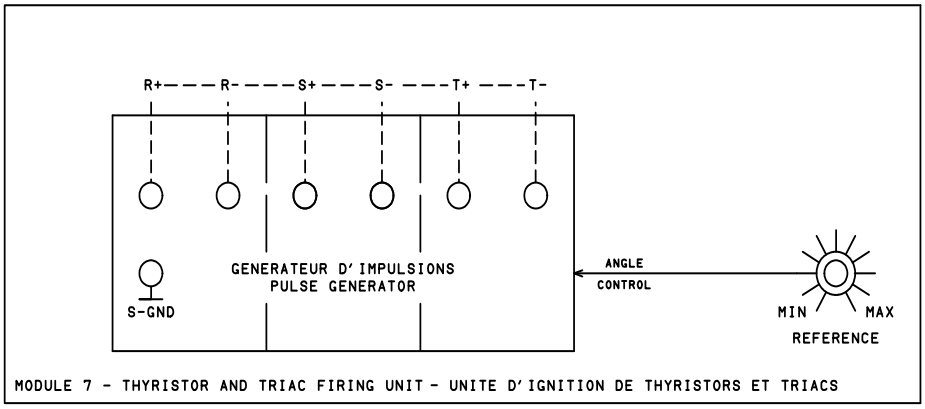


FIG.1 - FRONT VIEW OF MODULE 7 OF THE TRAINER
VUE FRONTALE DU MODULE 7 DE L'ENTRAINEUR

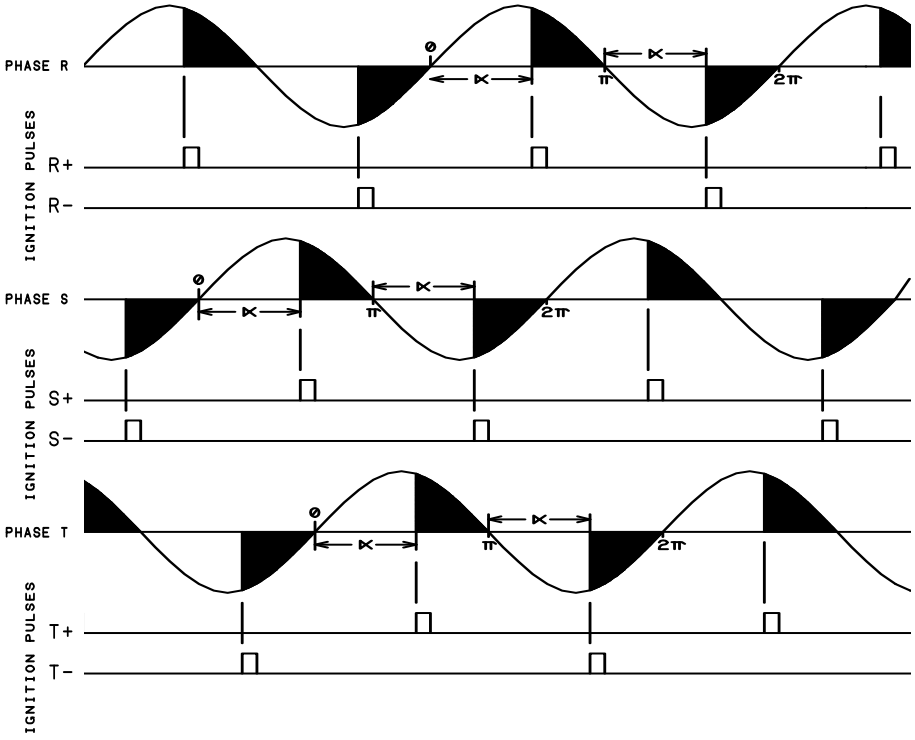


FIG.2 - OPERATION OF THE THYRISTOR AND TRIAC IGNITION UNIT
FONCTIONNEMENT DE L'UNITE D'IGNITION DES THYRISTORS ET TRIACS

3600B10 X2F1

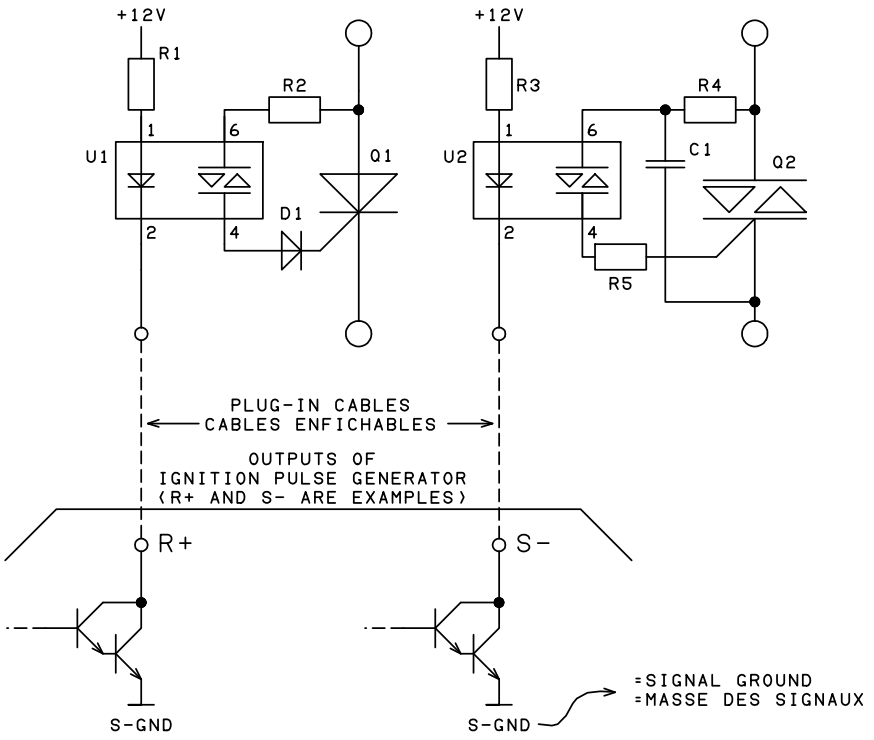


FIG.3 - OPTO-ISOLATORS FOR CONTROL OF THYRISTOR AND TRIAC GATES
OPTO-ISOLATEURS POUR CONTROLE DES GACHETTES DES THYRISTOR ET TRIAC

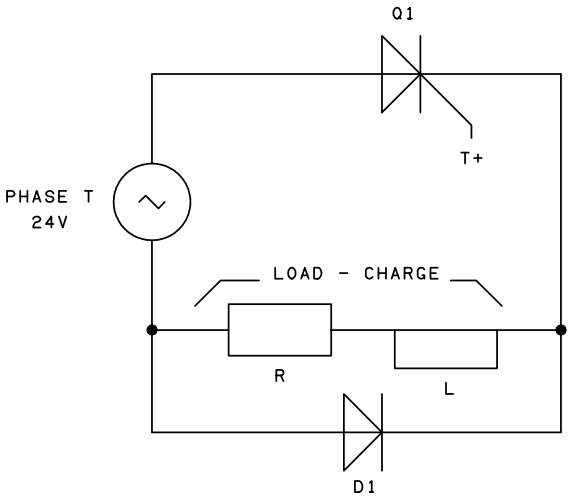
3600B10 X2F3

EXERCICE No.6: Redresseur contrôlé à demi-onde

La figure 1 montre le schéma à expérimenter, tandis que la Fig. 2 montre la mise en place pratique

A noter la présence d'une diode flyback en parallèle à la charge. Il est en effet nécessaire seulement quand la charge est de type RL.

Dans cette expérience, comme pour toutes les expériences indiquées dans ce manuel, on utilise les sources isolées de basse tension disponibles dans l'unité didactique. Ceci permet l'utilisation en sécurité et l'utilisation directe de l'oscilloscope ou d'autres instruments.



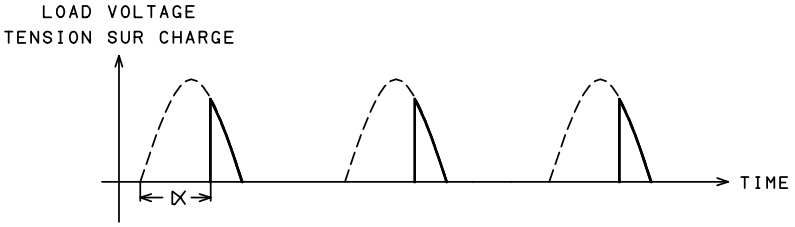
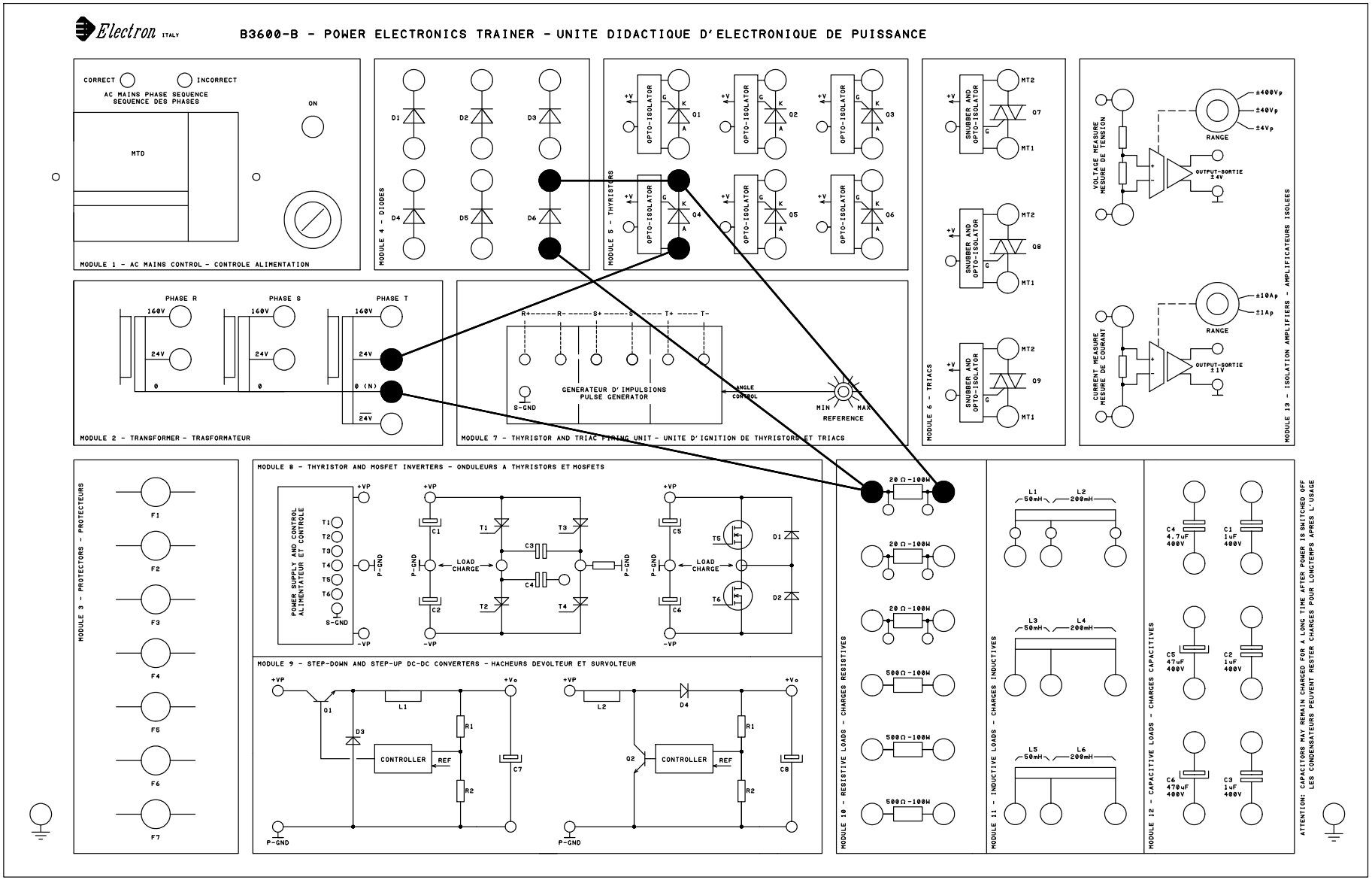


FIG.1 - HALF-WAVE CONTROLLED RECTIFIER
REDRESSEUR CONTROLE A DEMI ONDE

3600B10 W6F1

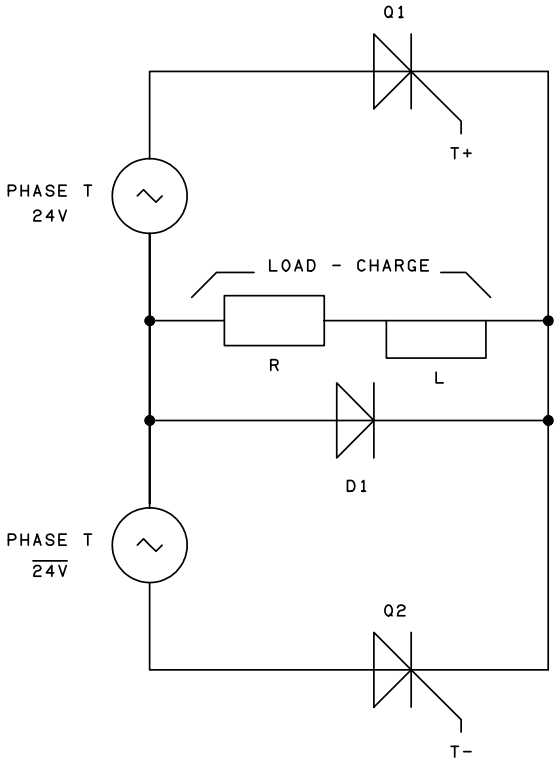


WORKSHEET N.6 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG. 1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1

EXERCICE No.7: Redresseur monophasé contrôlé pleine onde à point médian

La figure 1 montre le principe de l'expérience, tandis que la Fig. 2 montre la mise en place pratique

A noter la présence d'une diode flyback pour le cas de charge inductive.



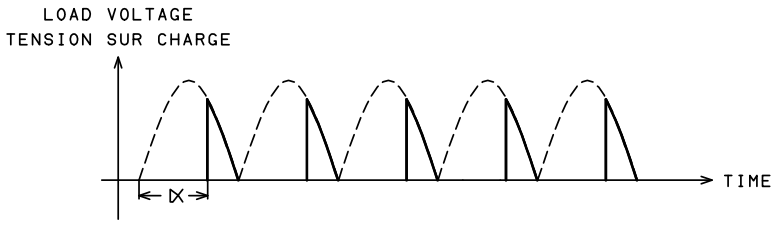
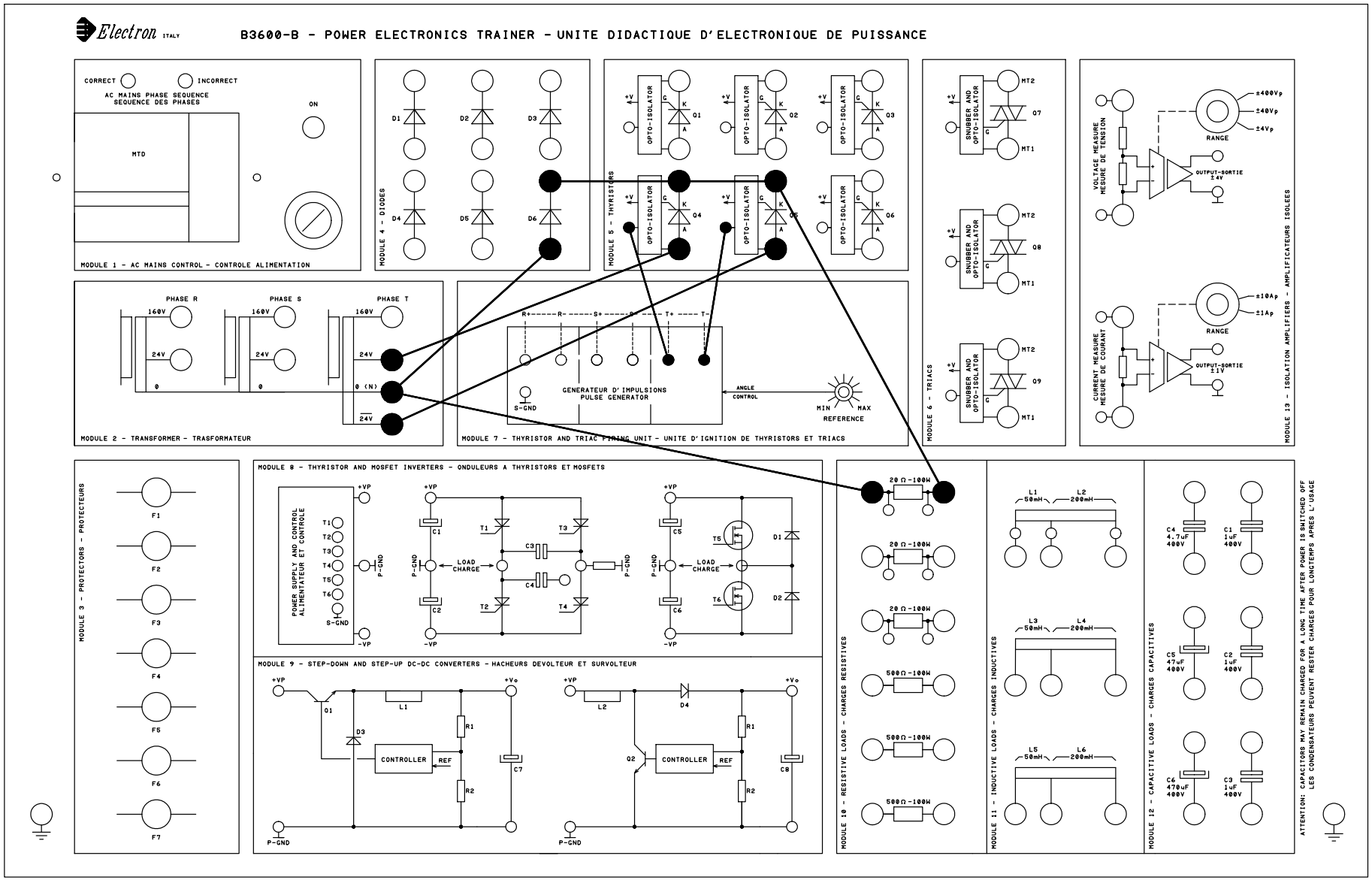


FIG.1 - FULL-WAVE CONTROLLED RECTIFIER
REDRESSEUR CONTROLE A ONDE ENTIERE

3600B10 W7F1



WORKSHEET N.7 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W7F2

EXERCICE No.8: Pont monophasé symétrique demi-contrôlé

La figure 1 montre le schéma de ce redresseur contrôlé. La Fig. 2 montre la mise en place pratique pour l'expérience.

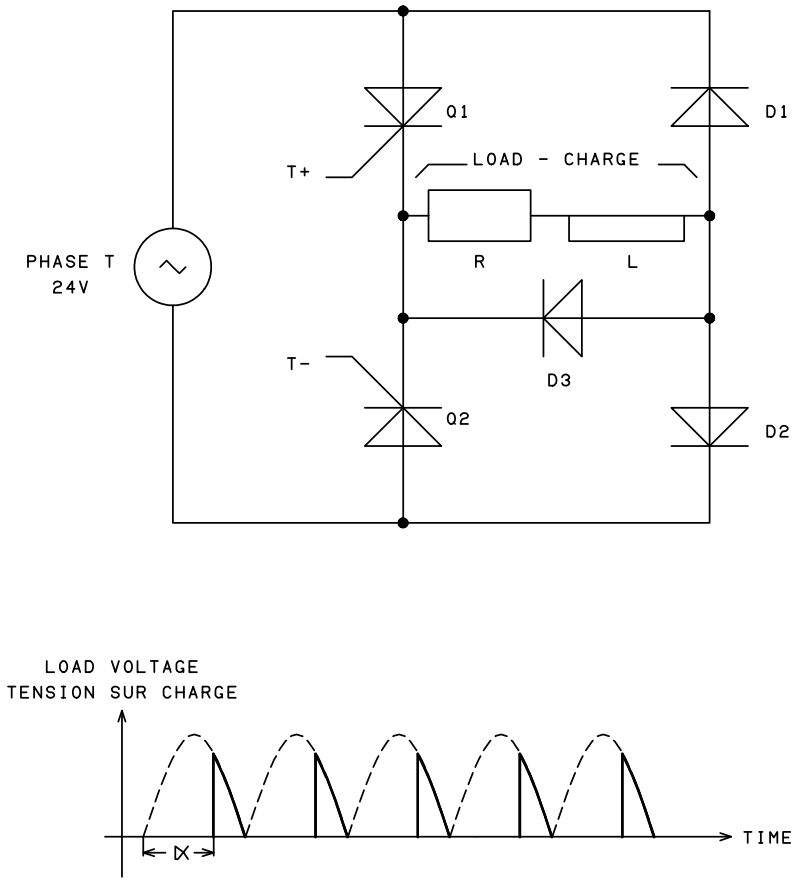
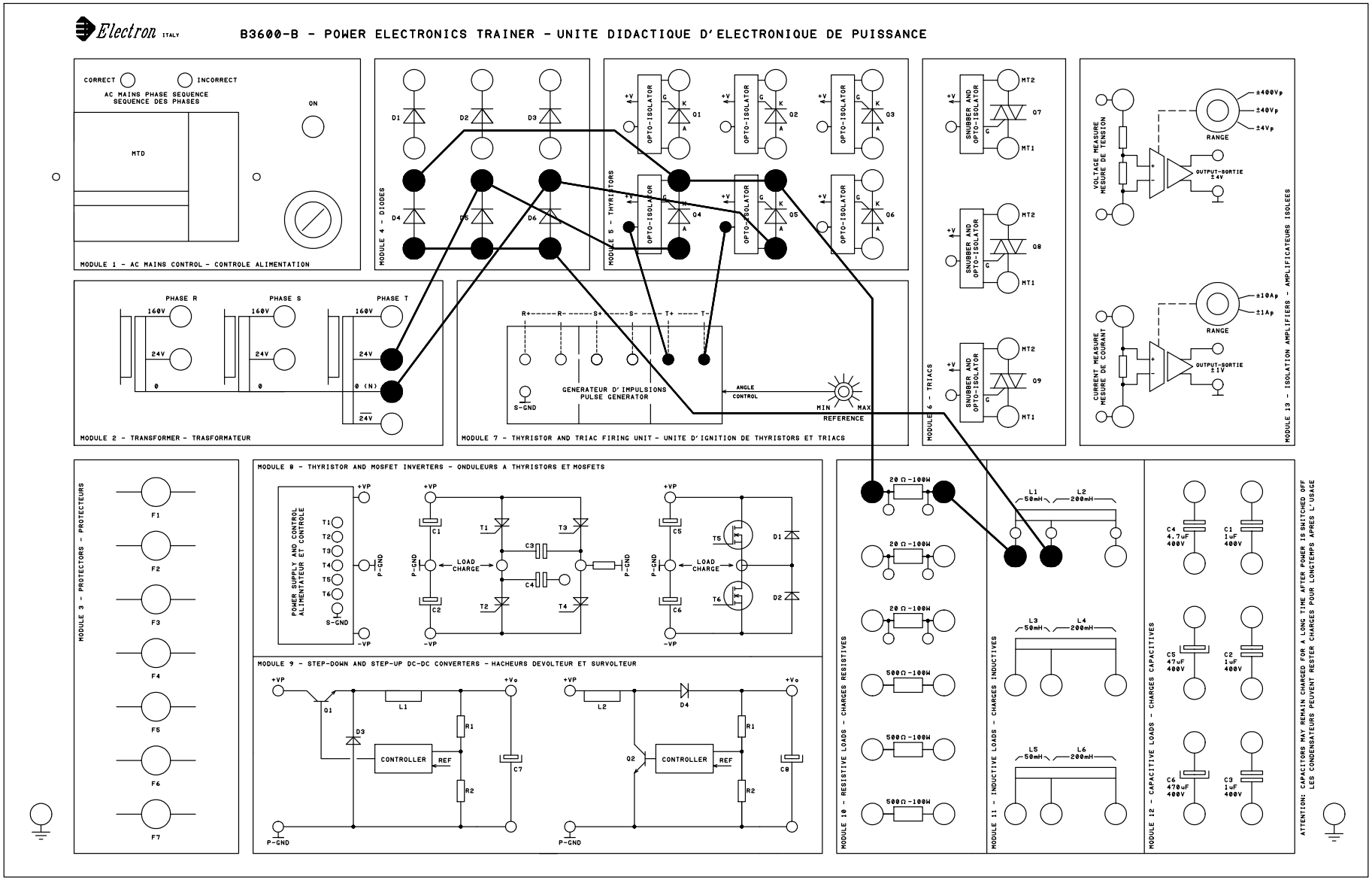


FIG.1 - HALF-CONTROLLED SYMMETRICAL BRIDGE
PONT SYMMETRIC DEMI-CONTROLE

3600B10 W8F1

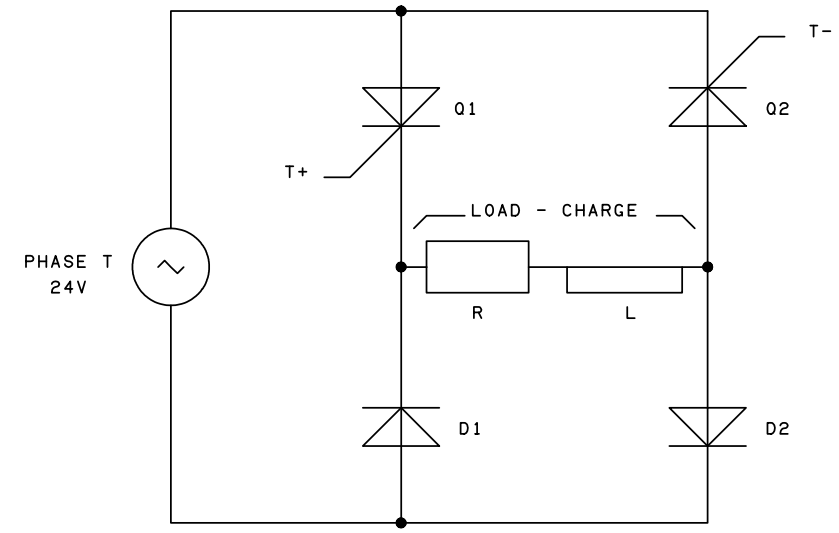
Fig 1



WORKSHEET N.8 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W8F1

EXERCICE No.9: Pont monophasé symétrique

Les figures 1 et 2 montrent respectivement le schéma et la mise en place pratique pour cette expérience.



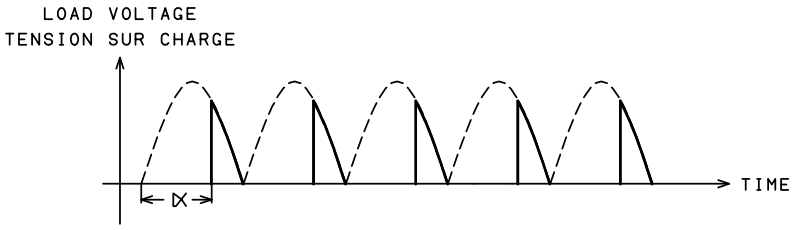
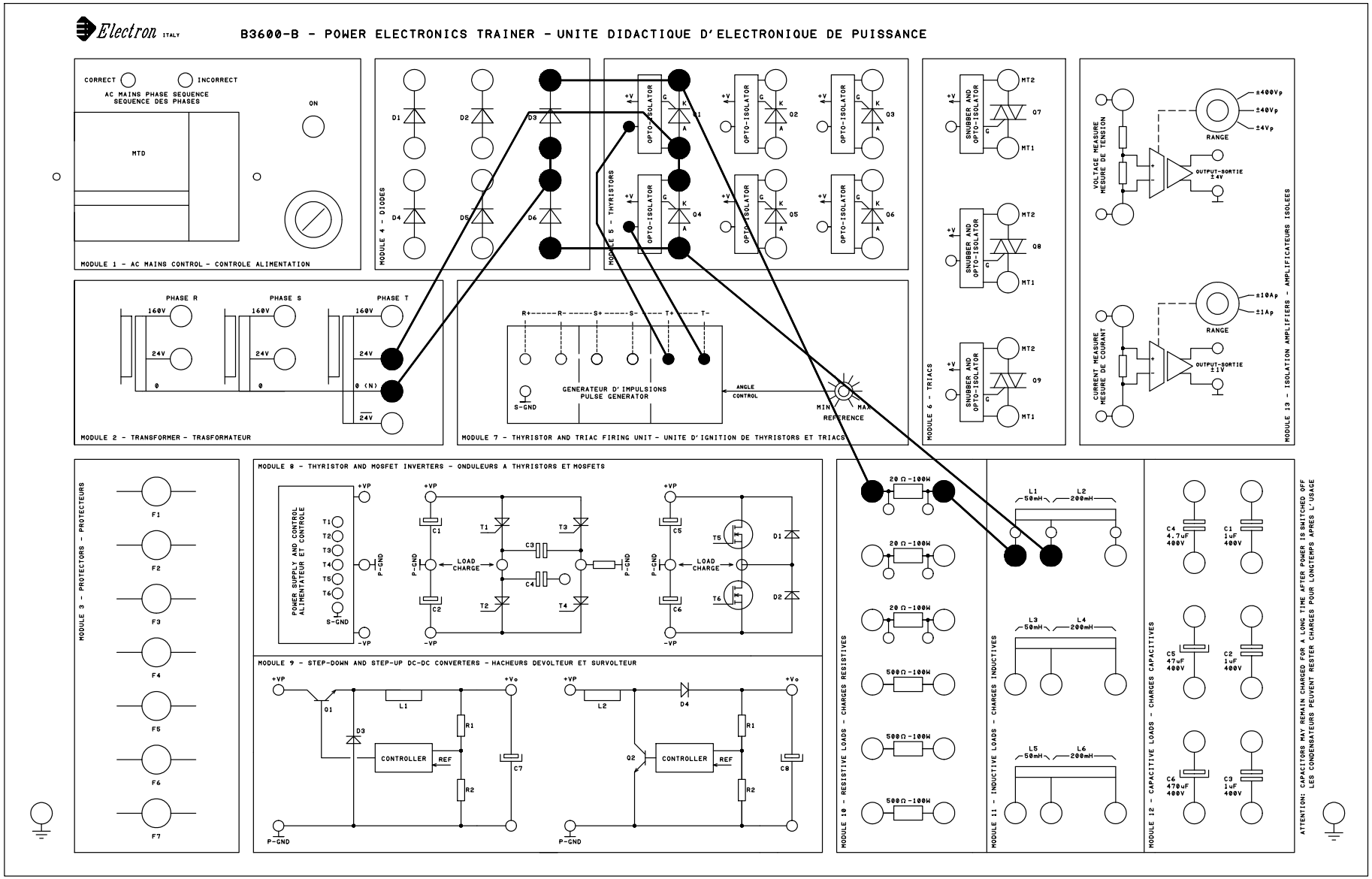


FIG.1 - HALF-CONTROLLED ASYMMETRICAL BRIDGE
PONT ASYMMETRIC DEMI CONTOLE

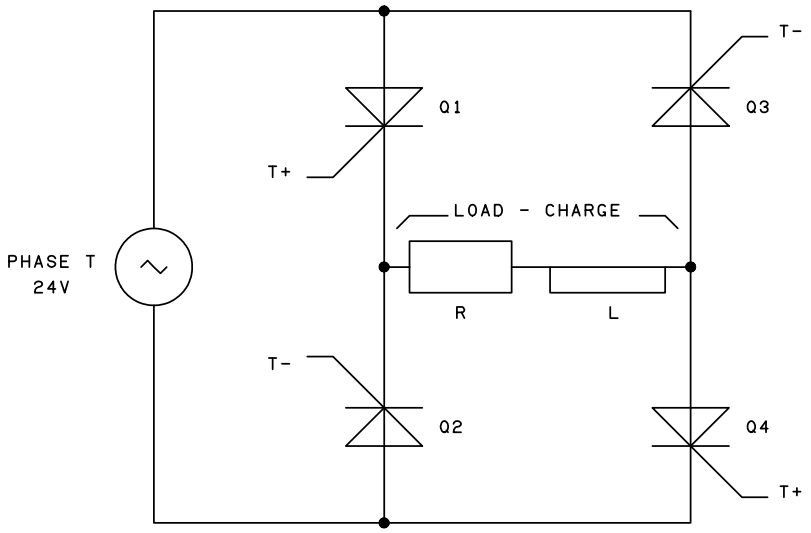
3600B10 W9F1



WORKSHEET N.9 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W9F2

EXERCICE No.10: Pont monophasé entièrement contrôlé

Les figures 1 et 2 montrent respectivement le schéma et la mise en place pratique pour l'expérience.
Noter que ce pont est le premier parmi les schémas étudiés jusqu'à ce point d'être capable de développer une action régénératrice. En d'autres termes une partie (ou la totalité) de la puissance délivrée de la source à la charge dans une fraction du cycle peut être récupérée et rendue à la source dans la fraction restante. Ceci pour le cas de charge inductive seulement.
Si la charge de ce circuit est un moteur avec une charge inertielle, ce circuit peut soit accélérer le moteur que le freiner en redonnant puissance à la source. Ce circuit pourrait donc réaliser une commande de moteur à 2 quadrants.



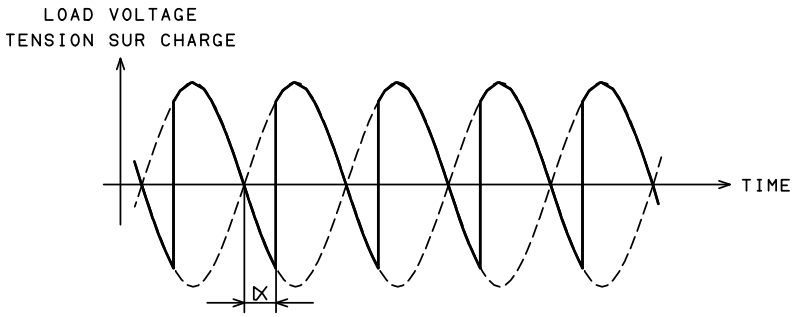
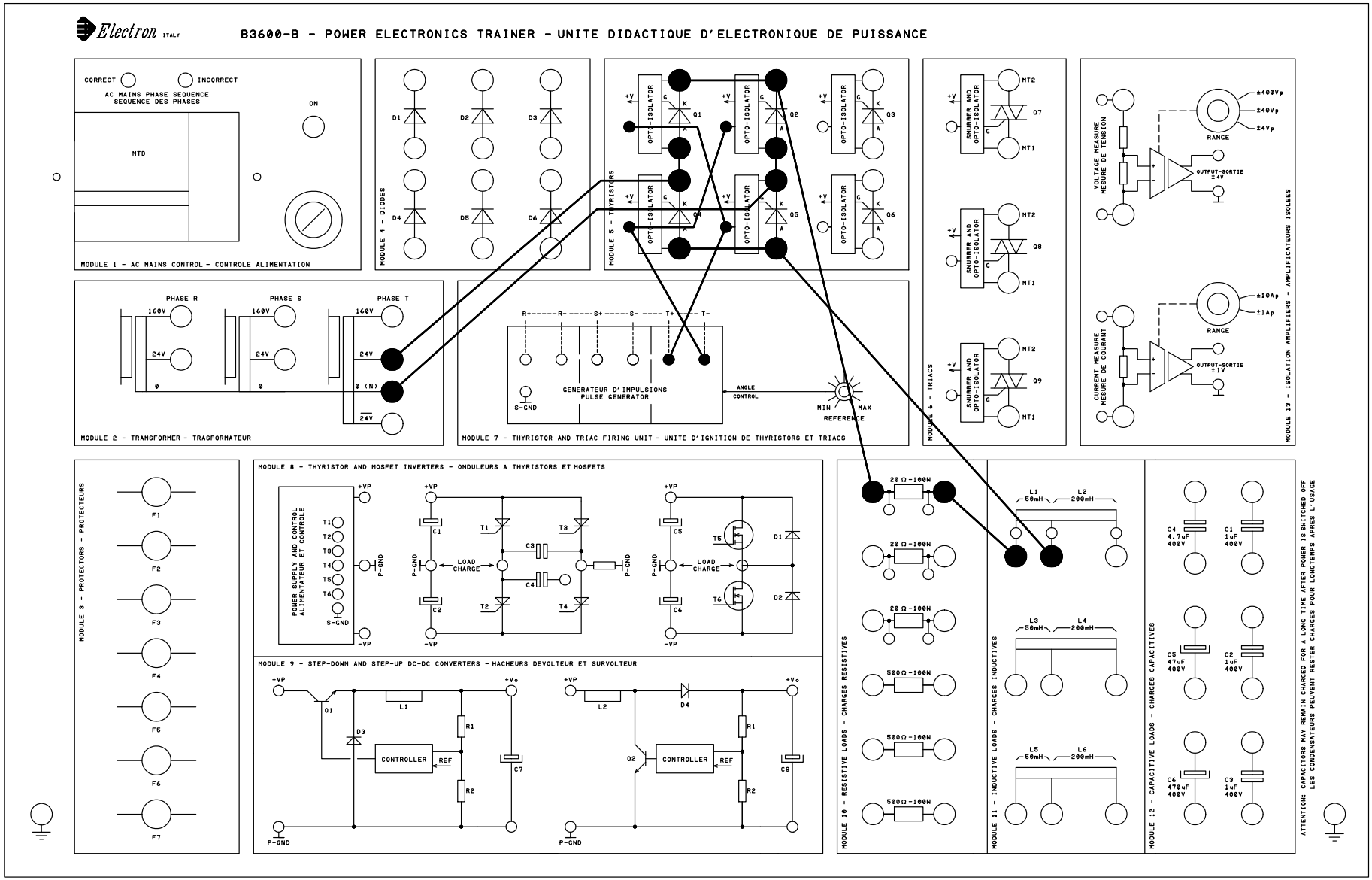


FIG.1 - FULLY CONTROLLED, SINGLE-PHASE BRIDGE
PONT MONOPHASE A CONTROL TOTAL

3600B10 W10F1


Electron ITALY
B3600-B - POWER ELECTRONICS TRAINER - UNITE DIDACTIQUE D'ELECTRONIQUE DE PUISSANCE
CORRECT
INCORRECT
AC MAINS PHASE SEQUENCE
SEQUENCE DES PHASES
ON
MTD
MODULE 1 - AC MAINS CONTROL - CONTROLE ALIMENTATION
MODULE 4 - DIODES
D1
D2
D3
D4
D5
D6
MODULE 5 - THYRISTORS
OPTO-ISOLATOR
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
Q6
MODULE 6 - TRIACS
SNUBBER AND OPTO-ISOLATOR
Q7
Q8
Q9
MT1
MT2
MODULE 13 - ISOLATION AMPLIFIERS - AMPLIFICATEURS ISOLEES
VOLTAGE MEASURE
MESURE DE TENSION
RANGE
±400Vp
±40Vp
±4Vp
OUTPUT-SORTIE
±4V
CURRENT MEASURE
MESURE DE COURANT
±10Ap
±1Ap
±1V
PHASE R
PHASE S
PHASE T
160V
24V
0
0 (N)
MODULE 2 - TRANSFORMER - TRASFORMATEUR
R+
R-
S+
S-
T+
T-
GENERATEUR D' IMPULSIONS
PULSE GENERATOR
S-GND
ANGLE
CONTROL
MIN
MAX
REFERENCE
MODULE 7 - THYRISTOR AND TRIAC FIRING UNIT - UNITE D'IGNITION DE THYRISTORS ET TRIACS
MODULE 3 - PROTECTORS - PROTECTEURS
F1
F2
F3
F4
F5
F6
F7
MODULE 8 - THYRISTOR AND MOSFET INVERTERS - ONDULEURS A THYRISTORS ET MOSFETS
POWER SUPPLY AND CONTROL
ALIMENTATEUR ET CONTROLE
+VP
-VP
P-GND
S-GND
T1
T2
T3
T4
T5
T6
C1
C2
C3
C4
C5
C6
LOAD
CHARGE
D1
D2
MODULE 9 - STEP-DOWN AND STEP-UP DC-DC CONVERTERS - HACHEURS DEVOLTEUR ET SURVOLTEUR
+Vo
Q1
Q2
L1
L2
D3
D4
R1
R2
CONTROLLER
REF
C7
C8
MODULE 10 - RESISTIVE LOADS - CHARGES RESISTIVES
20 Ω -100W
500Ω -100W
MODULE 11 - INDUCTIVE LOADS - CHARGES INDUCTIVES
L1
50mH
L2
200mH
L3
50mH
L4
200mH
L5
50mH
L6
200mH
MODULE 12 - CAPACITIVE LOADS - CHARGES CAPACITIVES
C4
4.7uF
400V
C1
1uF
400V
C5
47uF
400V
C2
1uF
400V
C6
470uF
400V
C3
1uF
400V
ATTENTION: CAPACITORS MAY REMAIN CHARGED FOR A LONG TIME AFTER POWER IS SWITCHED OFF
LES CONDENSATEURS PEUVENT RESTER CHARGES POUR LONGTEMPS APRES L'USAGE

EXERCICE No.11: Redresseur triphasé contrôlé à point médian

Les figures 1 et 2 montrent deux versions de ce redresseur contrôlé
La figure 3 montre la mise en place pratique pour le cas de la Fig. 1 seulement. L'autre cas peut être développé par l'étudiant en utilisant le premier comme un exemple.

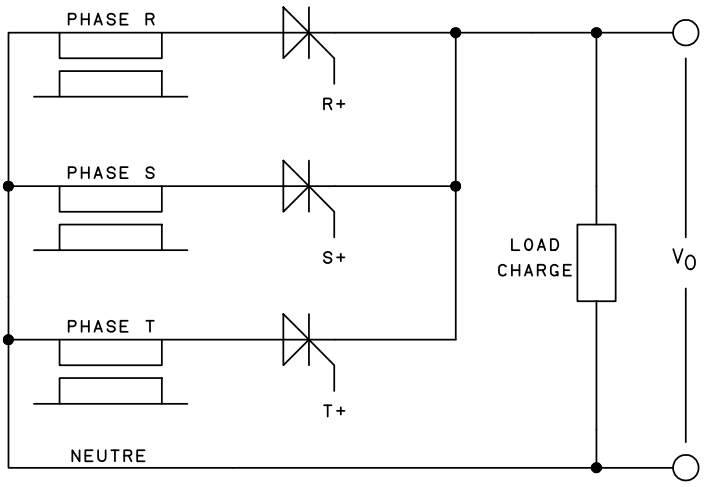
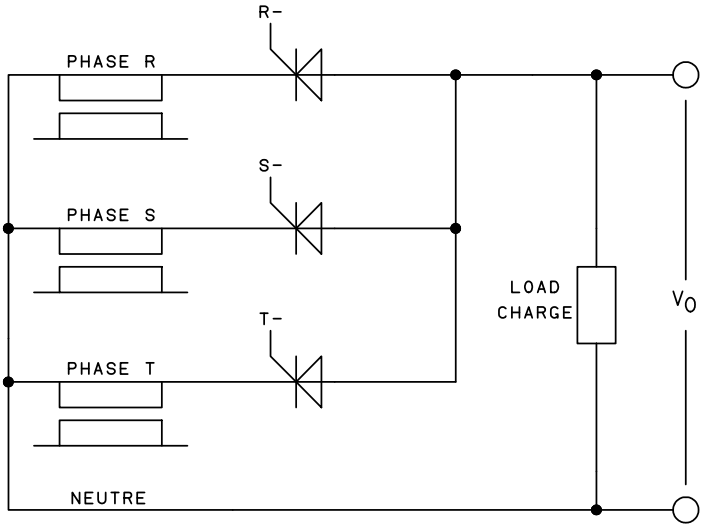
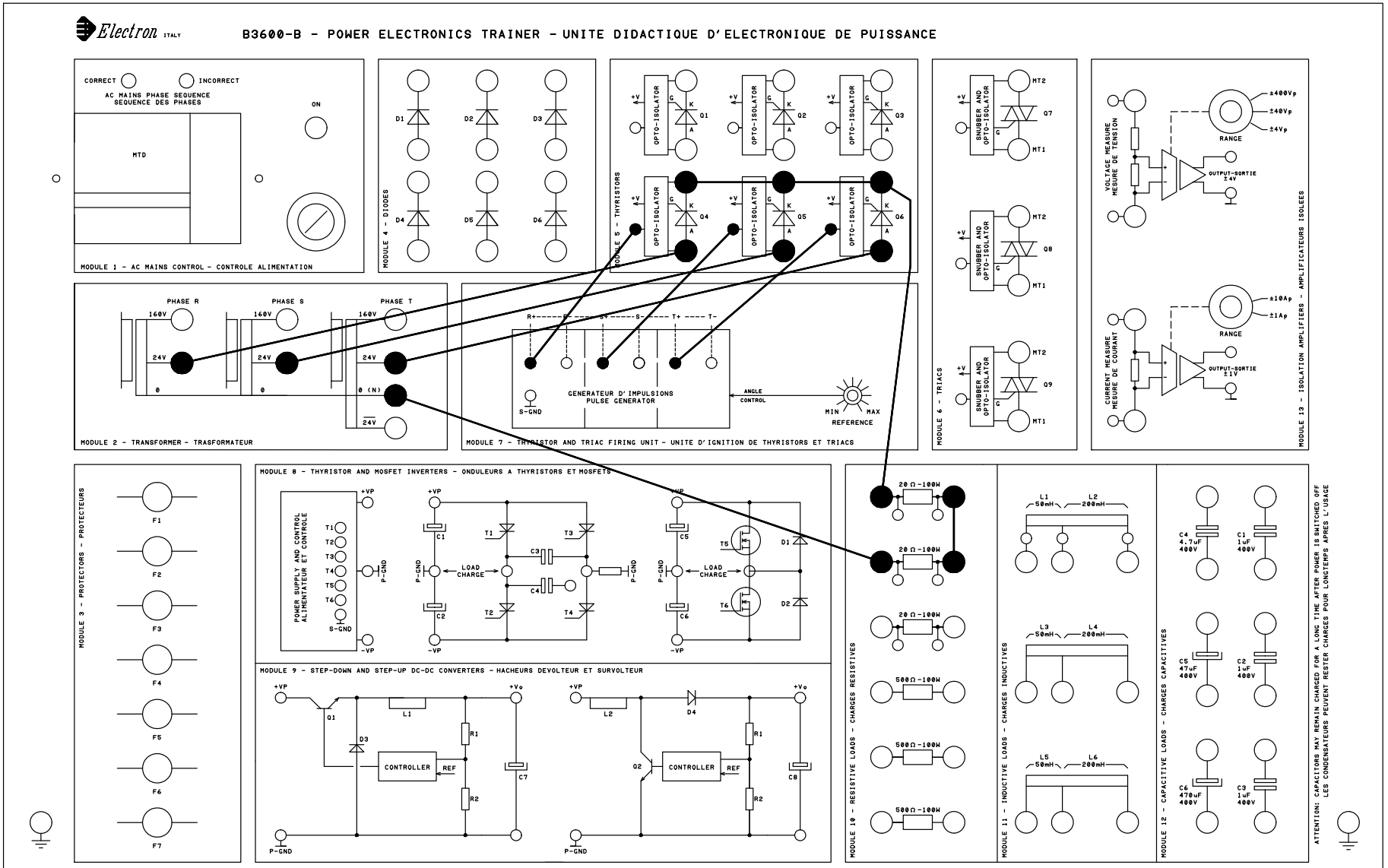


FIG.1 - THREE-PHASE MIDPOINT CONTROLLED RECTIFIER
REDRESSEUR CONTROLE TRIPHASE A POINT MILIEU



FIF.2 - THREE-PHASE MIDPOINT CONTROLLED RECTIFIER FOR NEGATIVE OUTPUT
REDRESSEUR CONTROLE TRIPHASE A PONT MILIEU POUR SORTIE NEGATIVE

3600B10 W11F1



WORKSHEET N.11 - FIG.3 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG. 1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W11F3

EXERCICE No.12: Redresseur triphasé demi-contrôlé

Les figures 1 et 2 montrent deux versions de ce redresseur contrôlé.
La figure 3 est la mise en place pratique pour le cas de la Fig. 1 seulement. L'autre cas peut être développé par l'étudiant seul.

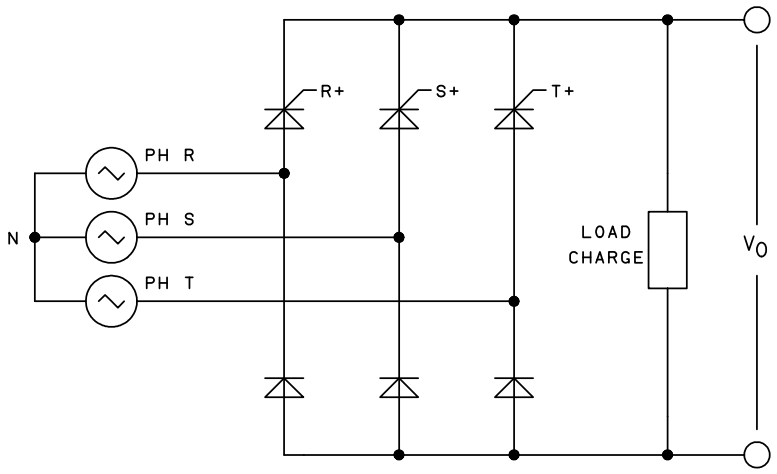


FIG.1 - THREE-PHASE HALF-CONTROLLED RECTIFIER
REDRESSEUR TRIPHASE DEMI-CONTROLE

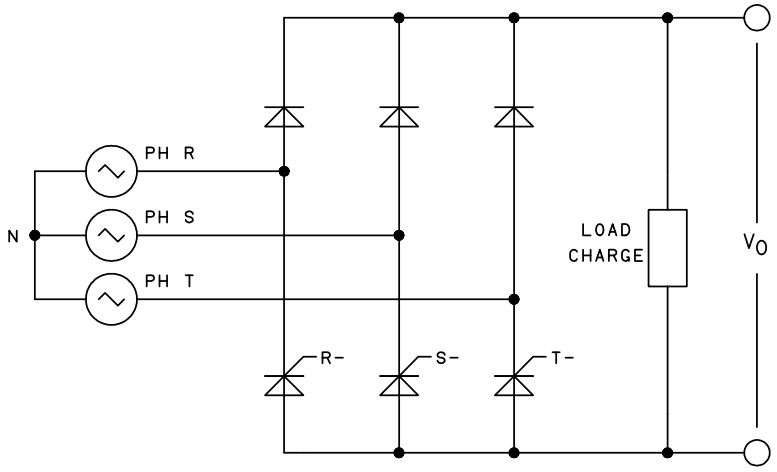
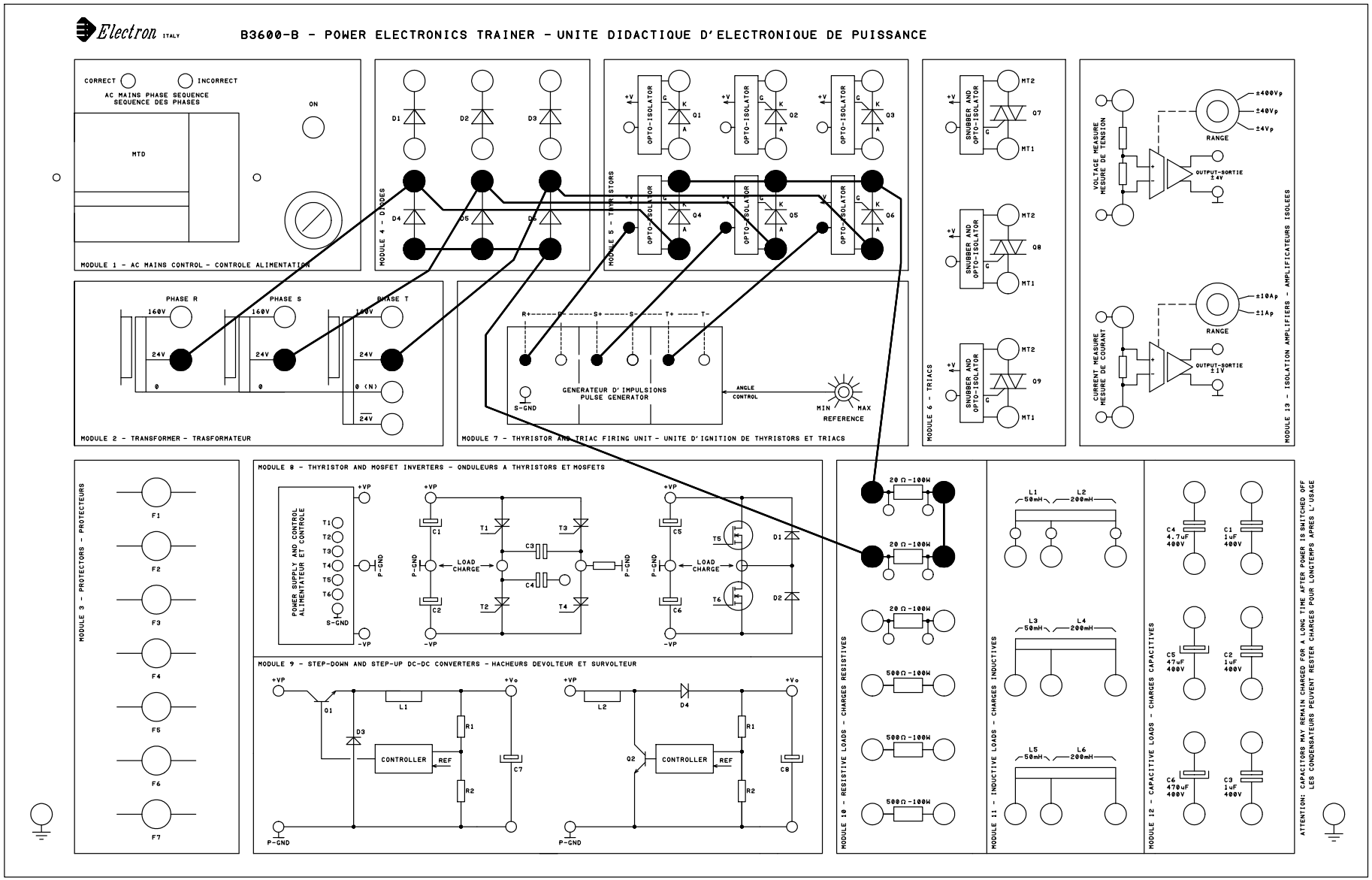


FIG.2 - ANOTHER THREE-PHASE HALF-CONTROLLED RECTIFIER
UN AUTRE REDRESSEUR TRIPHASE DEMI-CONTROLE

3600B10 W12F1



WORKSHEET N.12 - FIG.3 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1

EXERCICE No.13: Redresseur triphasé entièrement-contrôlé

Figures 1 montre le schéma du redresseur contrôlé, bien que Fig. 2 montre la mise en place pratique de l'expérience
Noter que ce redresseur contrôlé, comme son parent monophasé de l'Exercice 10 est capable de récupérer énergie des charges inductives et de la rendre à la source.
En d'autres termes, si ce pont est connecté à un moteur avec charge inertielle, il peut soit l'accélérer soit le freiner.

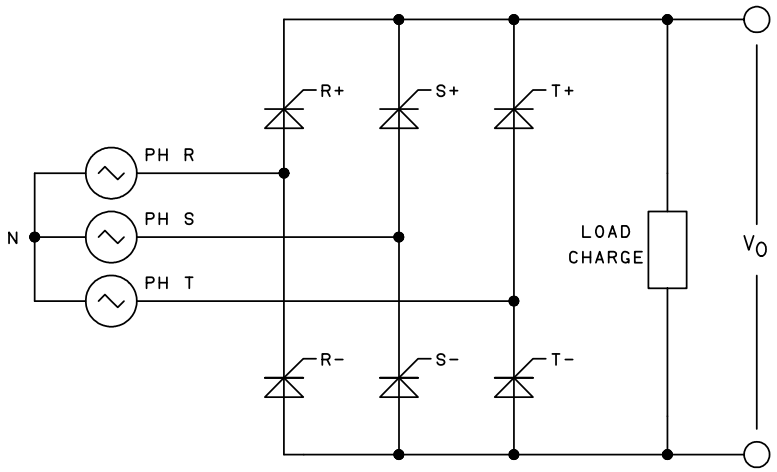
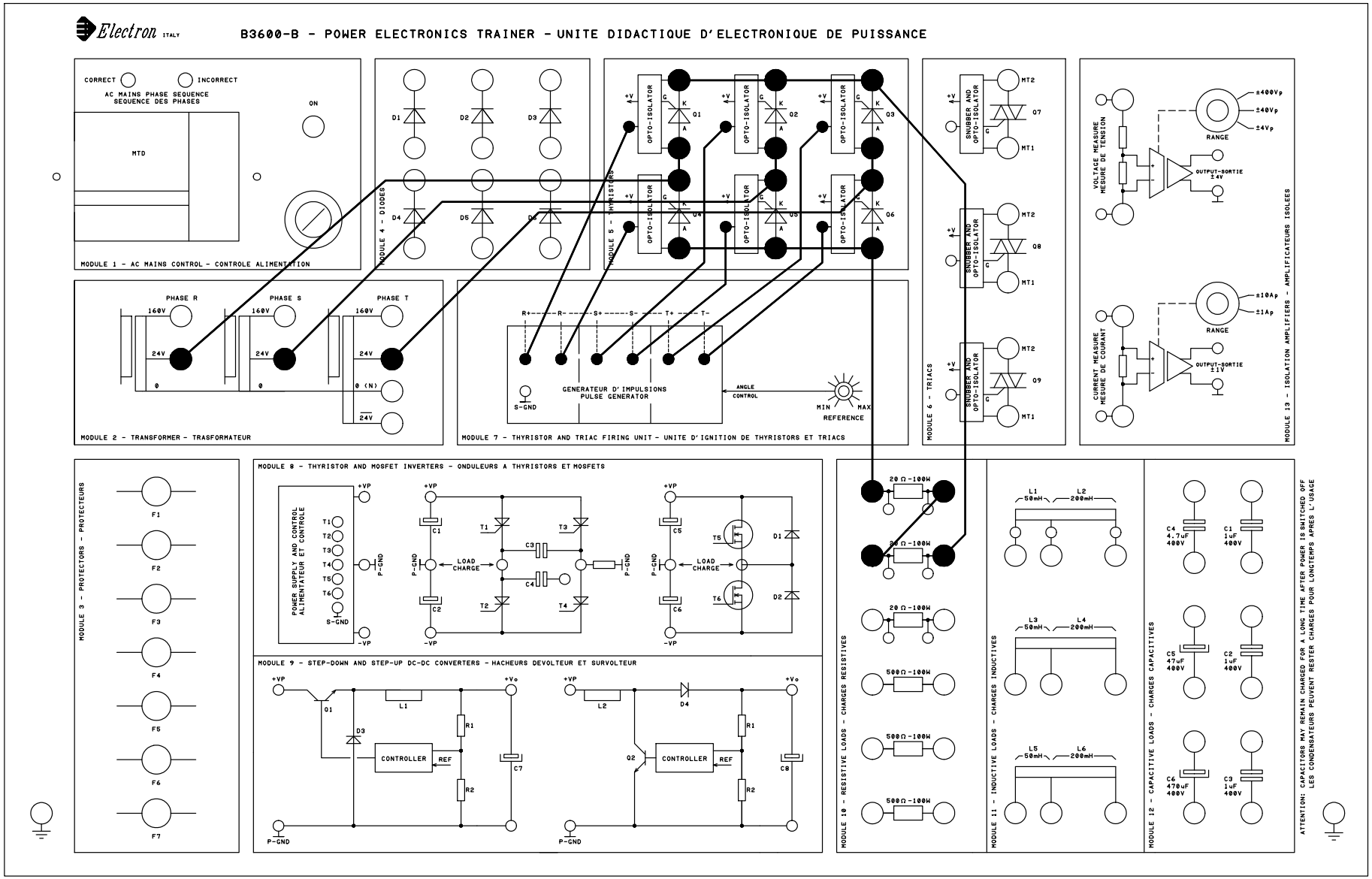


FIG.1 - THREE-PHASE FULLY-CONTROLLED RECTIFIER
REDRESSEUR TRIPHASE A CONTROLE ENTIER

3600B10 W13F1



WORKSHEET N.13 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG. 1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1

EXERCICE No.14: Contrôle monophasé et triphasé par Triac

Les figures 1 et 2 montrent le schéma d'un contrôleur monophasé et d'un contrôleur triphasé.
Les figures suivantes 3 et 4 montrent la mise en place pratique pour les deux cas.

Noter que pour contrôler chaque Triac dans les demi-périodes positive et négative, les correspondantes sorties du Contrôleur d'allumage doivent être connectées en parallèle. C'est la raison pour laquelle dans la Fig. 1 le Triac montre R+ et R- comme signaux de commande pour la gâchette, et le même est pour le triacs de la Fig. 2.
La situation devient plus claire en observant les figures 3 et 4.

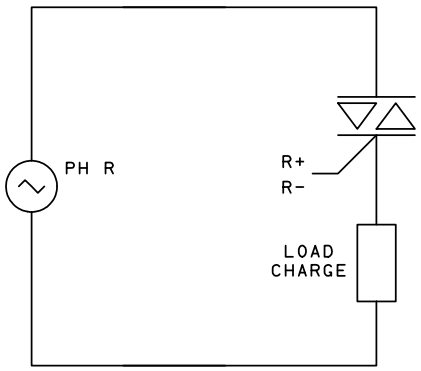


FIG.1 - SINGLE-PHASE AC CONTROLLER WITH TRIAC
CONTROLE CA MONOPHASE PAR TRIAC

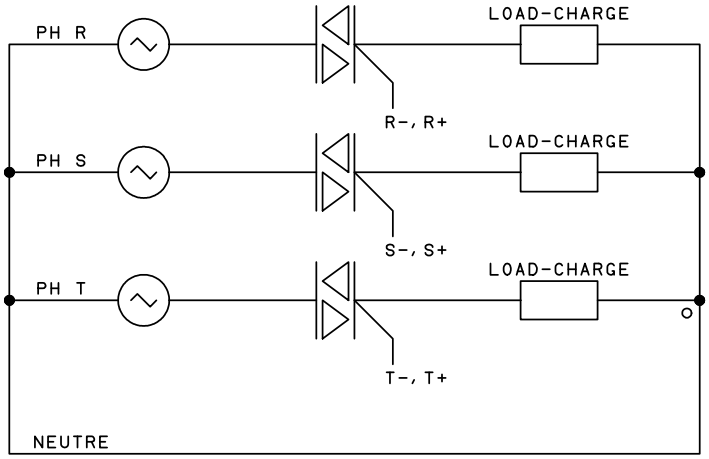
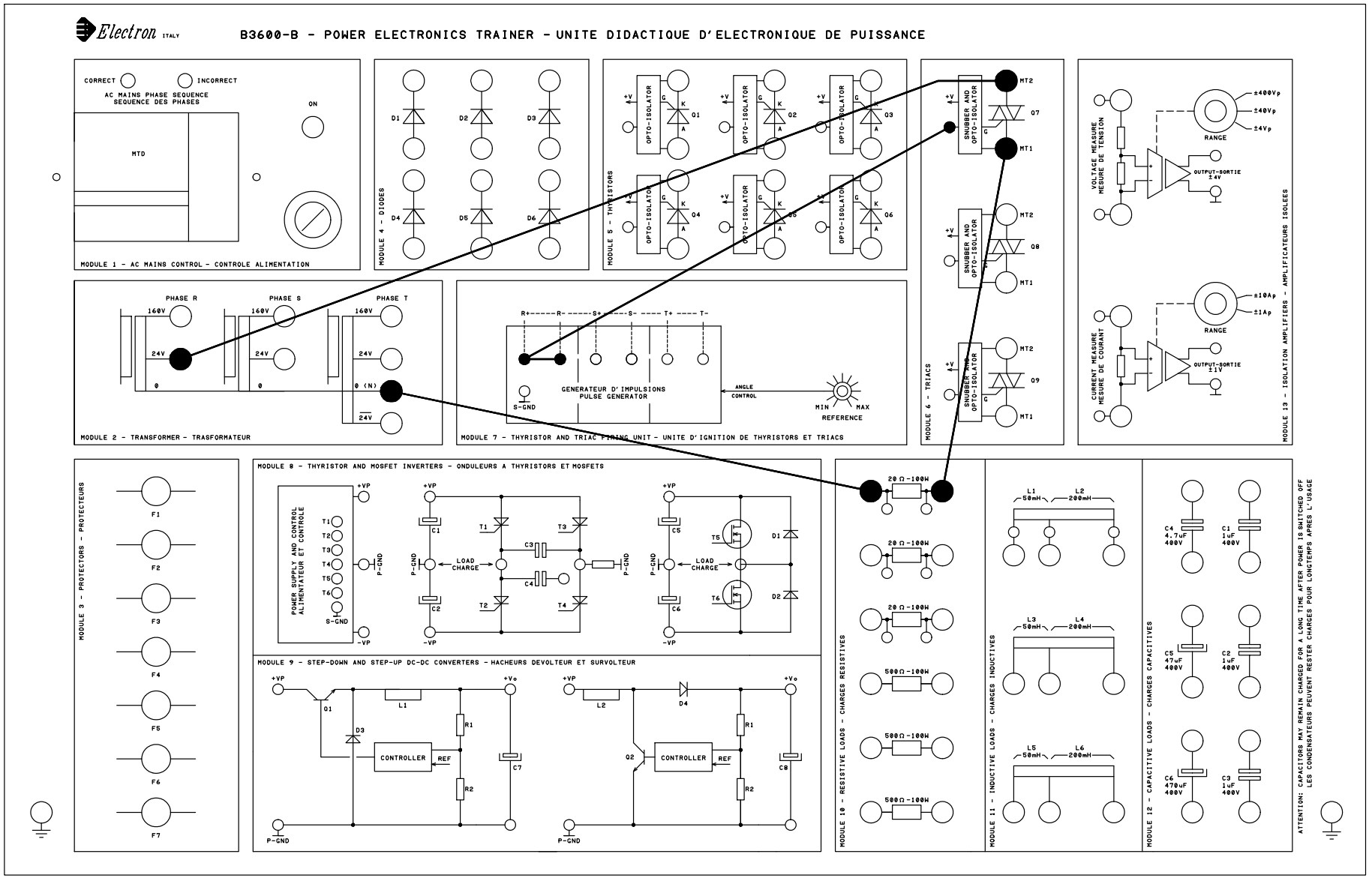
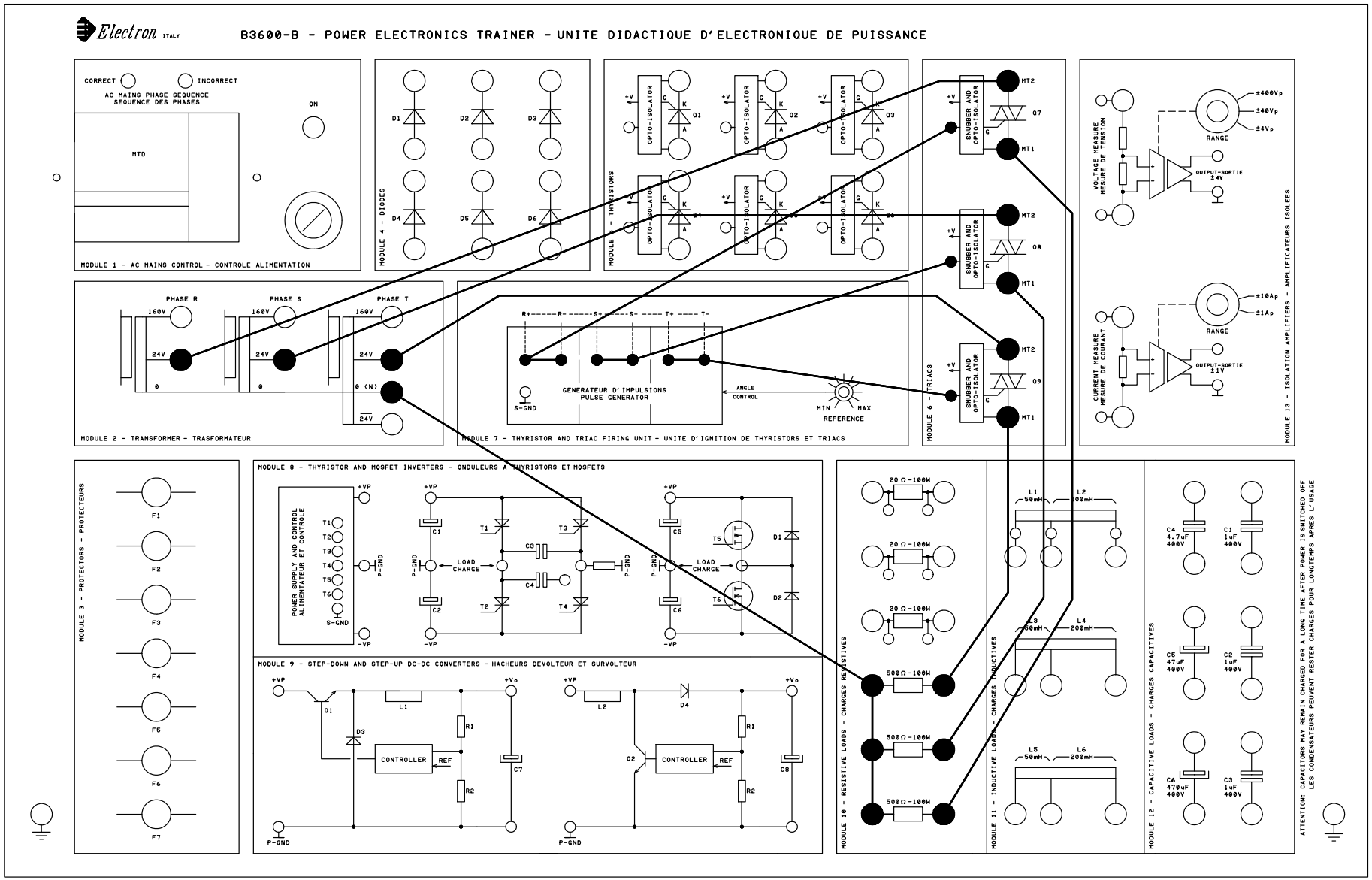


FIG.2 - THREE-PHASE AC CONTROL WITH TRIACS
CONTROLE CA TRIPHASE PAR TRIACS

3600B10 W14F1



WORKSHEET N.14 - FIG.3 - PRACTICAR SETUP FOR THE SCHEME OF FIG. 1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1



WORKSHEET N.14 - FIG.4 - PRACTICAL SETUP FIR THE SCHEME OF FIG.2 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1

4 – EXPERIENCES AVEC ONDULEURS A THYRISTORS ET MOSFET

L'Onduleur à thyristors

La figure 1 montre le schéma simplifié de l'onduleur à thyristors de l'unité didactique
L'onduleur est alimenté par deux sources c.c., +Vp et –Vp respectivement à +15 et -15V.

Q1 et Q2 sont les éléments de commutation principaux, tandis que Q3 et Q4 sont les auxiliaires. Leur fonction est d'éteindre Q1 et Q2 respectivement, par un mécanisme appelé Méthode de Commutation Forcée type E ou Commutation Complémentaire

Le bloc à la gauche de la Fig. 1 fournit l'alimentation, la génération de la séquence d'impulsions pour faire fonctionner les thyristors et le contrôle complexe et les fonctions de protection nécessaires à éviter les effets de la conduction simultanée de Q1-Q2 et Q3-Q4, ce qui pourrait entraîner des pannes catastrophiques.

L'onduleur représenté dans la Fig.1 est un dispositif Autonome, puisque sa fréquence de fonctionnement est libre (non verrouillé à la fréquence du réseau). En ce qui concerne la structure, l'onduleur est du type Demi-pont, avec alimentation double.

La charge est connectée entre le point médian des sources d'alimentation et le point médian du demi-pont à thyristor. Q1 et Q2 sont alternativement allumés et éteints pour délivrer une tension onde carrée à la charge.

L'amorçage d'un thyristor est une question relativement simple. Q1 et Q2 sont déclenchés par les impulsions T1 et T2 (à travers des opto-isolateurs, non montrés dans le schéma simplifié de la Fig.1)
Le blocage des thyristors est un problème complexe et critique. Supposons que Q1 conduit à un certain instant, tandis que Q2, Q3, Q4 ne conduisent pas.
Le point L est à une tension proche de +Vp, de sorte qu'une tension positive est livrée à la charge.

Le point A est à tension de masse, grâce à R1.
Q3 est mis en conduction par une impulsion T3 sur sa gâchette. La tension au point A augmente soudainement à un niveau proche de +Vp.
Le condensateur C3 porte au point L la transition positive de tension du point A. La tension au point L augmente pour un court laps de temps AU DESSUS de la tension d'alimentation +Vp, pourtant le thyristor Q1 devient polarisé à l'inverse et cesse de conduire.
On peut dire que dans les instants immédiatement après le déclenchement de Q3, le condensateur C3 remplace Q1 dans la tâche de fournir du courant à la charge. Puisque Q1 ne conduit plus, il s'éteint.

C3 qui fournit du courant à la charge ne dure pas longtemps: une fois Q1 est éteint, la tension au point L s'abaisse exponentiellement vers le niveau de masse. La résistance R1 est de valeur suffisante pour que le courant y est

inférieur au courant de maintien de Q3, c'est à dire quand le transitoire de C3 est épuisé, Q3 s'éteint.

Alors que le transitoire de C3 est en cours, Q2 est bloqué par l'impulsion T2. Ce thyristor est alors bloqué quand vient le temps par une impulsion T4 appliquée à Q4. Le mécanisme de coupure de Q2 par Q4 est complètement similaire à celui décrit pour Q1 par Q3.

Il est clair de la description ci-dessus que ce type d'onduleur a plusieurs points critiques, dont le pire est que C3 doit se charger/décharger à travers la charge et donc les transitoires nécessaires à bloquer en toute sécurité Q1 et Q2 dépendent aussi de la charge.
On verra que l'exemple de circuit de l'unité didactique est conçu pour une charge nominale de 40 à 100 Ω environ et ne fonctionne pas en dehors de cette gamme.

Autre points critiques de ce type d'onduleur est que des dispositions complexes doivent être incluses pour assurer des conditions de sécurité lors de la mise sous et hors tension de l'appareil. Pour ces raisons les applications pratiques de ce type d'onduleur sont maintenant limitées au cas où le plus simple onduleur à MOSFET ne peut être utilisé, c'est-à-dire pour appareils de très grande puissance allant de centaines de KW à centaines de MW.

Alimentation

Cette unité est basée sur un microordinateur pour la génération et le contrôle des impulsions.
La section d'alimentation comprend une disposition particulière et inhabituelle de protection contre la conduction simultanée de Q1-Q2 ou Q3-Q. Quand un court-circuit est détecté, les sources d'alimentation +Vp et –Vp sont immédiatement interrompues, pour permettre à la paire de Thyristors de s'éteindre, et ensuite de se réinsérer. Ce cycle se répète rapidement si la condition de surcharge persiste.
Quand on utilise l'appareil, l'étudiant devrait immédiatement éteindre et vérifier la configuration si un retentissement prolongé (ringing) est entendu, puisque ce ringing signifie une condition de stress pour l'appareil.

L'onduleur à MOSFET

Le schéma simplifié de cet onduleur est montré dans la Fig.2. C'est un onduleur en demi-pont où la charge est connectée entre le point médian des transistors MOSFET et la masse de puissance.
Q5 et Q6 sont alternativement saturés et interdits par séquences d'impulsions T5 et T6 générées par le microcontrôleur de l'alimentation et le bloc de contrôle.
Di et D2 sont des diodes de roue libre nécessaires à protéger les MOSFETs de la surtension quand la charge est inductive.

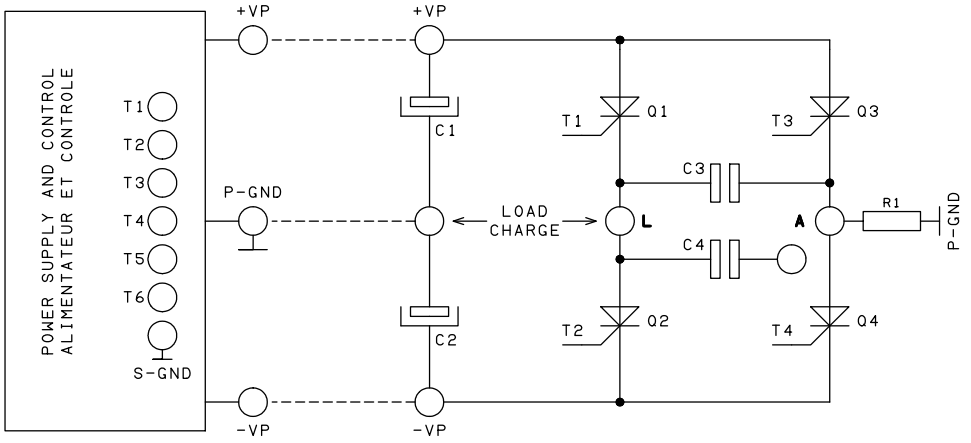


FIG.1 - THYRISTOR INVERTER - ONDULEUR A THYRISTORS

3600B10 X4F1

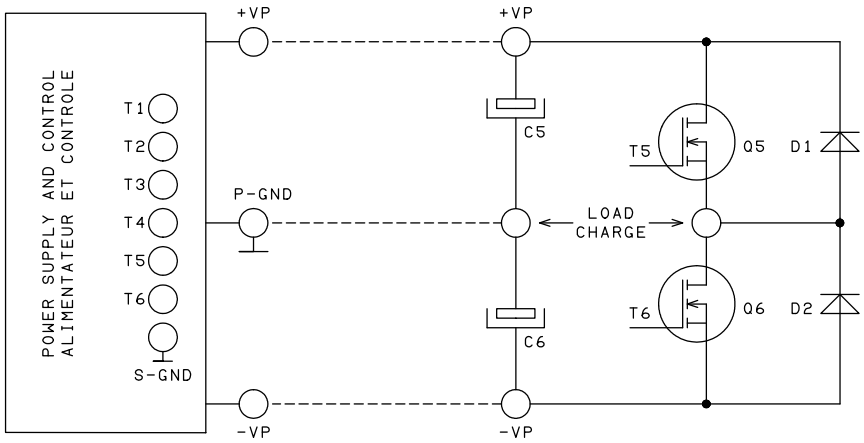


FIG.2 - MOSFET INVERTER - ONDULEUR A MOSFETS

3600B10 X4F2

EXERCICE No.15: Onduleur à thyristors avec charge résistive

La figure 1 montre le schéma, tandis que la Fig.2 montre la configuration recommandée.

En effectuant l'expérience, mettre immédiatement hors tension l'unité didactique et vérifier la configuration si un ringing continu est entendu.
Un ringing signifie une intervention répétée de la protection de l'alimentation et pourtant un stress existant pour l'appareil.

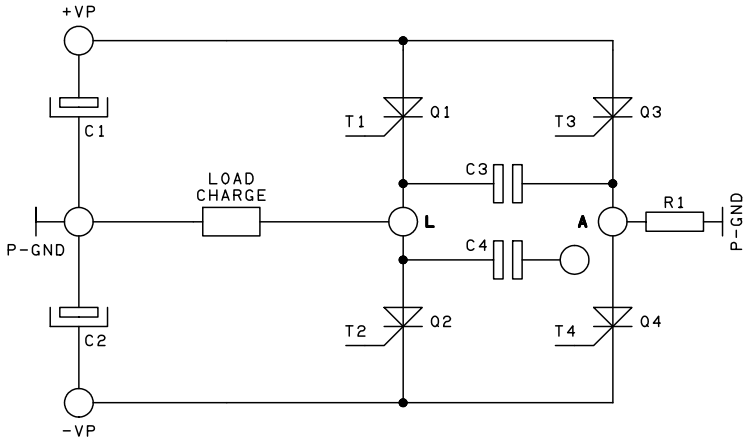
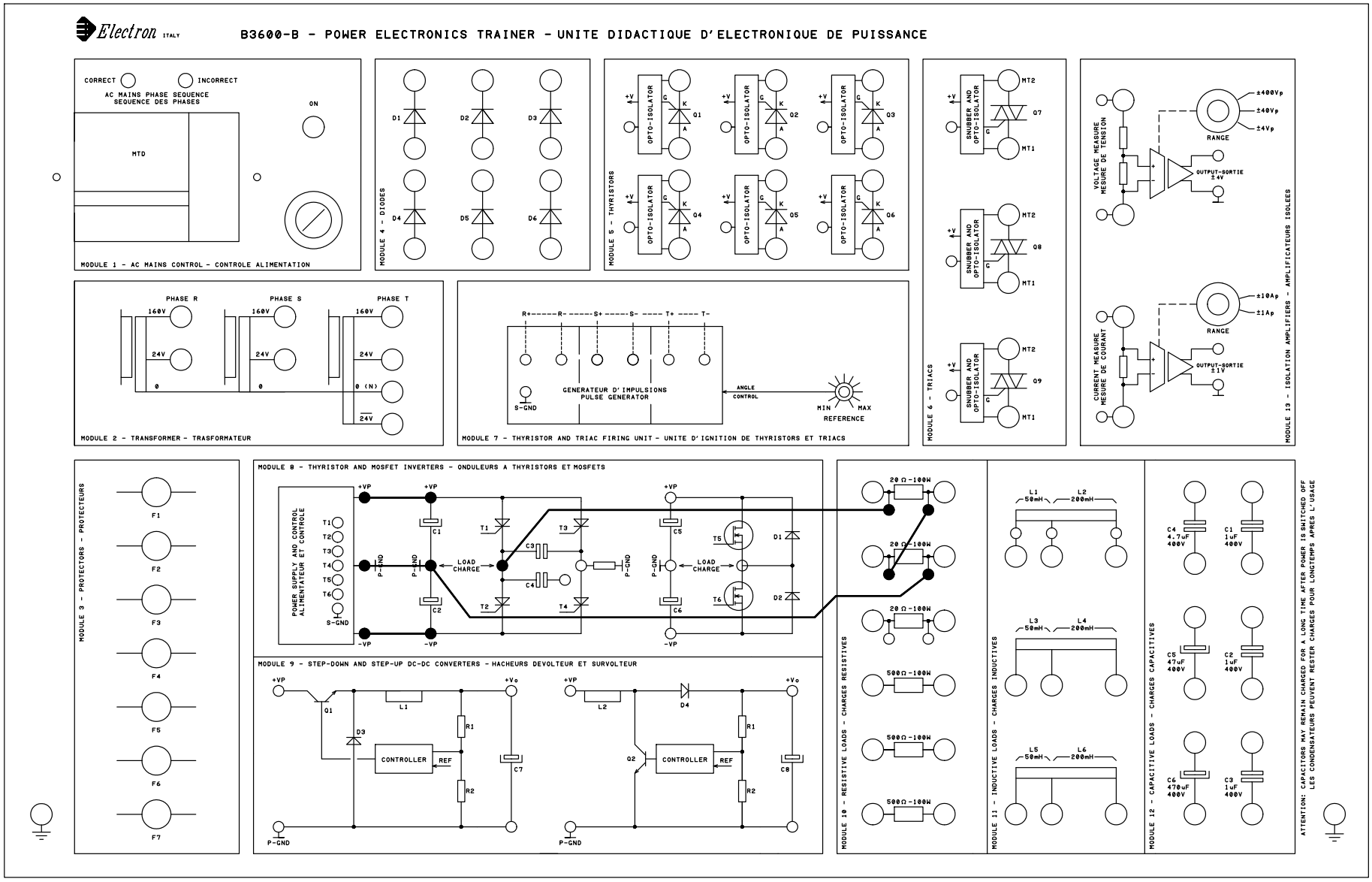


FIG.1 - THYRISTOR INVERTER - ONDULEUR A THYRISTORS

3600B10 W15F1



WORKSHEET N.15 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP OF THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W15F2

EXERCICE No.16: Onduleur à thyristors avec charge résistive-inductive

La figure 1 montre le schéma, tandis que la Fig.2 montre la configuration recommandée.

En effectuant l'expérience, mettre immédiatement hors tension l'unité didactique et vérifier la configuration si un ringing continu est entendu.
A ringing signifie une intervention répétée de la protection de l'alimentation et pourtant un existant stress pour l'appareil

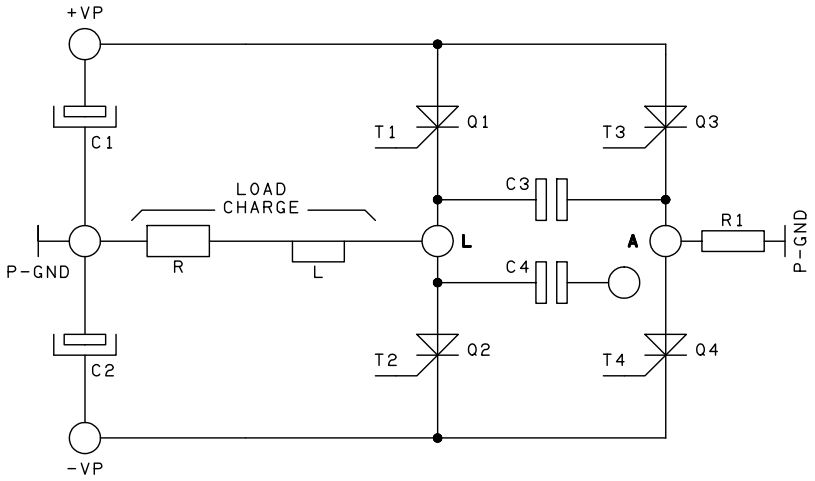
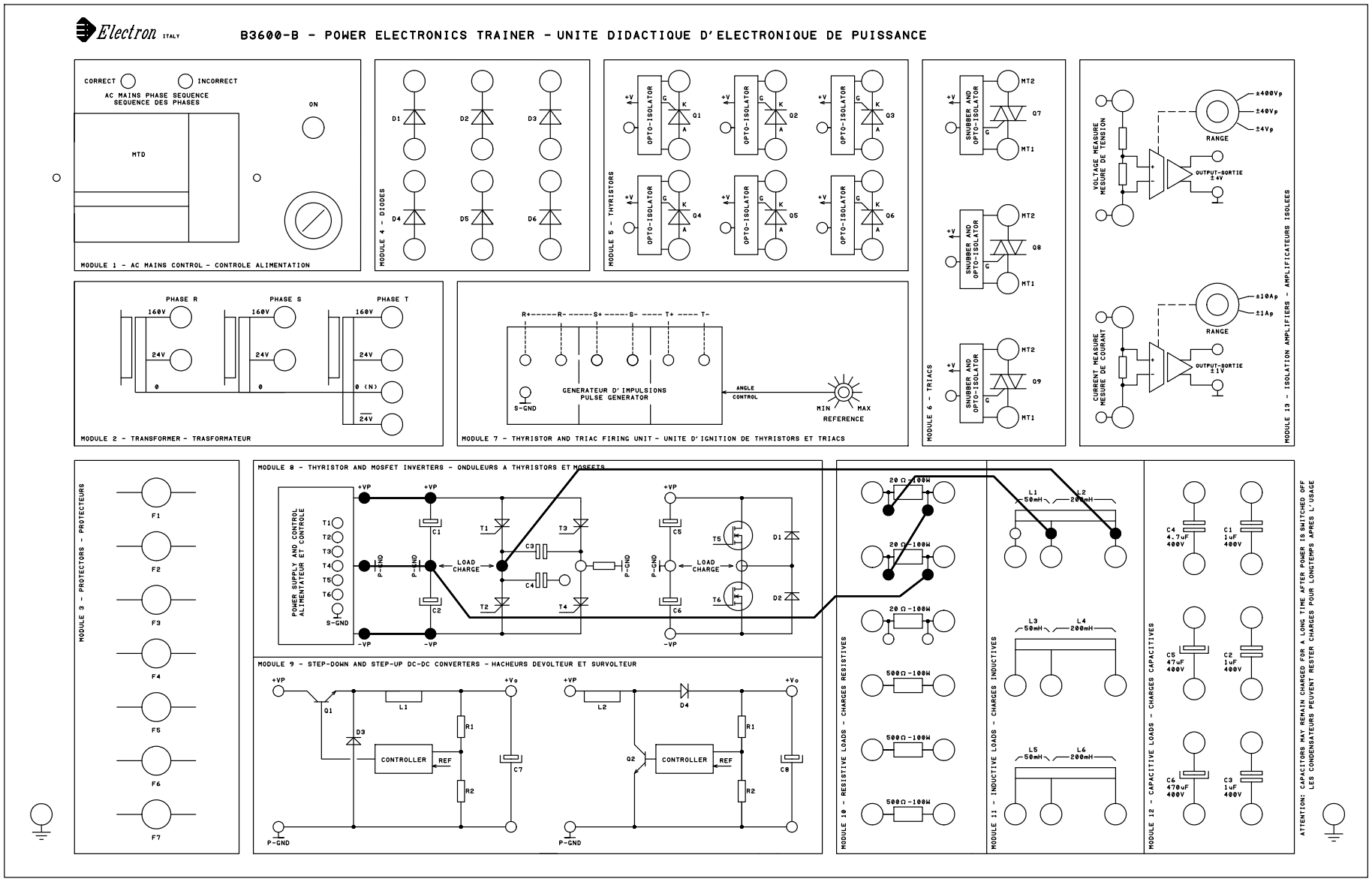


FIG.1 - THYRISTOR INVERTER WITH RL LOAD
ONDULEUR A THYRISTORS AVEC CHARGE RL

3600B10 W16F1



WORKSHEET N.16 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP OF THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W16F2

EXERCICE No.17: Onduleur à MOSFET avec charge résistive

Figure 1 et 2 montrent respectivement le schéma et le lay-out recommandé.

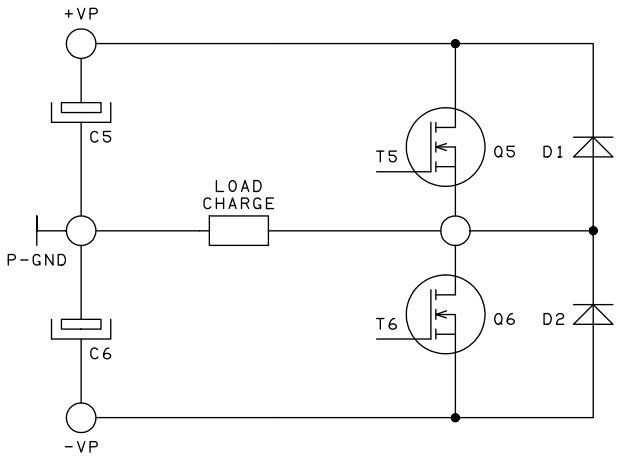
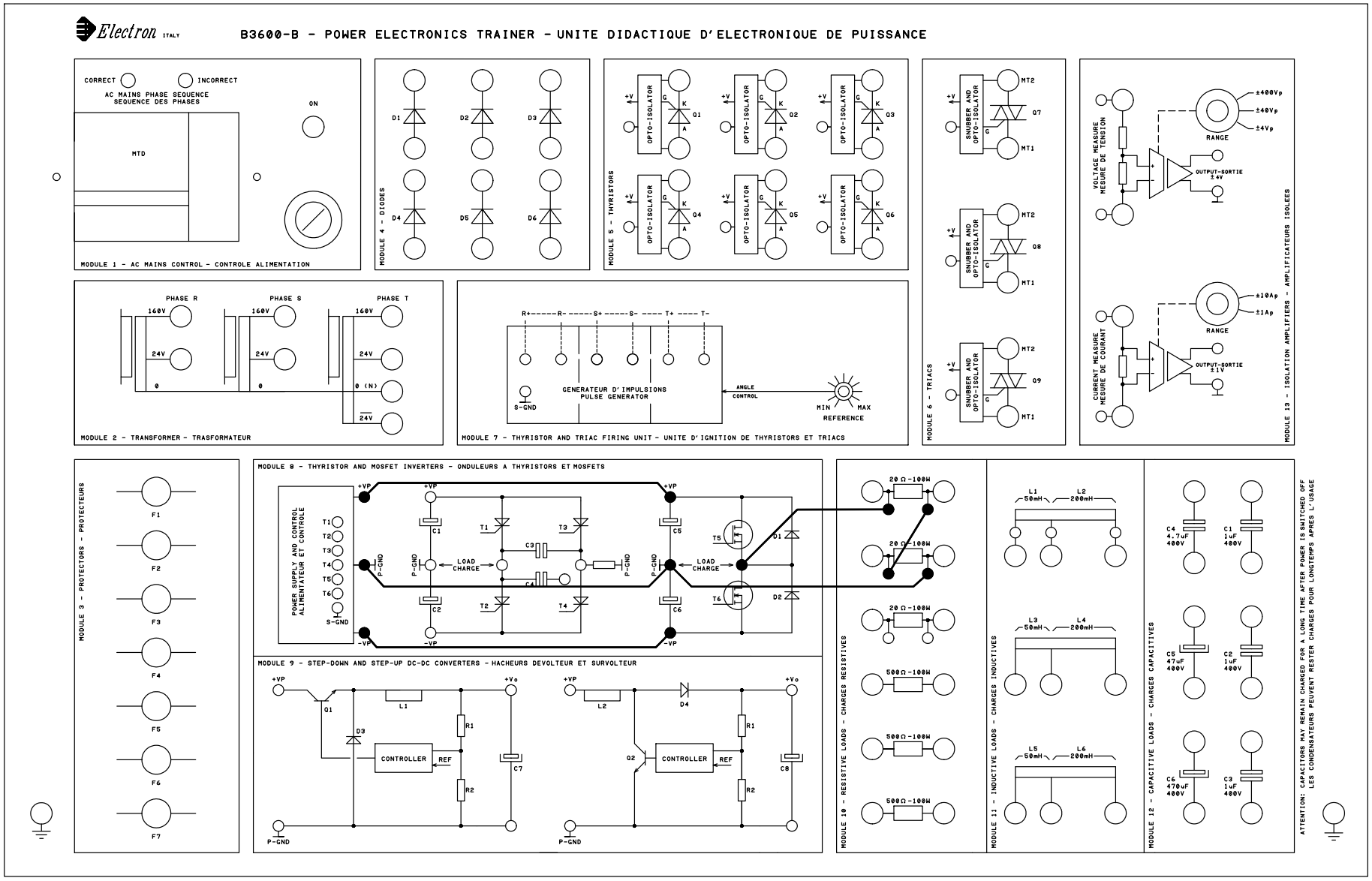


FIG.1 - MOSFET INVERTER WITH R LOAD
ONDULEUR A MOSFETS AVEC CHARGE R

3600B10 W17F1



WORKSHEET N.17 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1- REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W17F2

EXERCICE No.18: Onduleur à MOSFET avec charge résistive-inductive

Figure 1 et 2 montrent respectivement le schéma et la configuration recommandée.

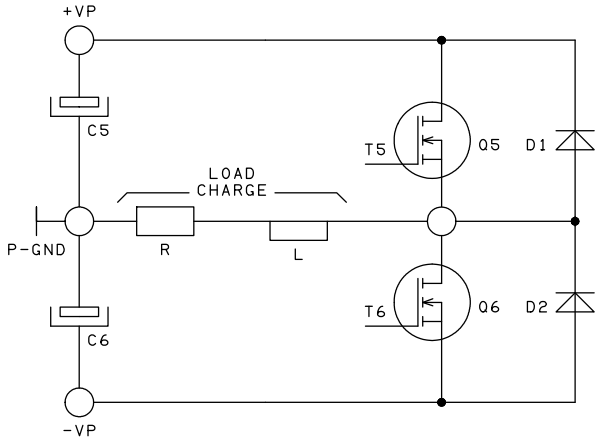
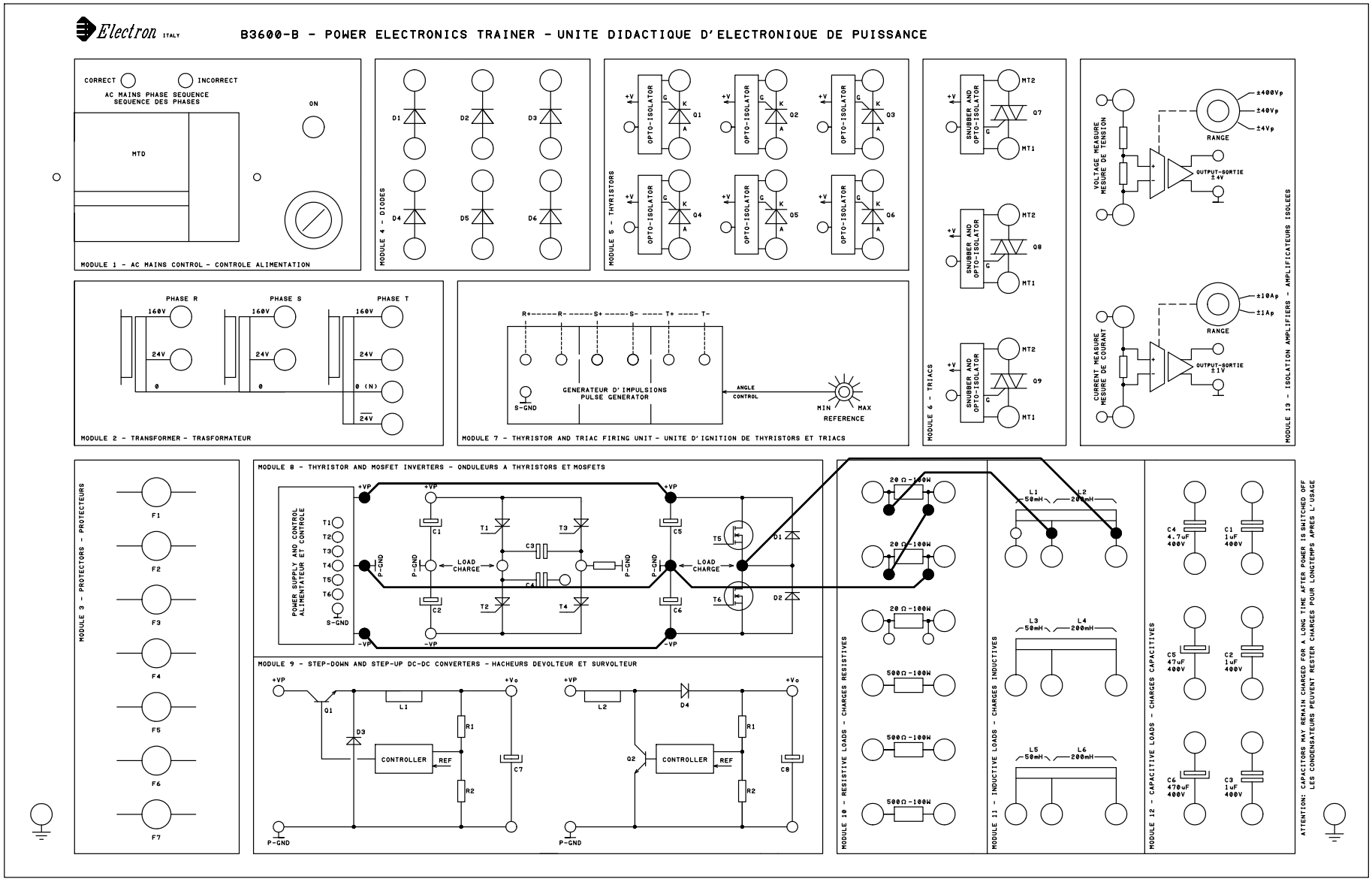


FIG.1 - MOSFET INVERTER WITH RL LOAD
ONDULEUR A MOSFETS AVEC CHARGE RL

3600B10 W18F1



WORKSHEET N.18 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP OF THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W18F2

5 – CONVERTISSEURS C.C.-C.C. - DEVOLTEURS ET SURVOLTEURS

Convertisseur dévolteur

L'unité didactique comprend un convertisseur dévolteur construit autour le bien-connu CI type MC34063A.
La Fig. 1 montre un schéma simplifié du convertisseur.
Le logique de commande contrôle la tension de sortie à travers un diviseur de tension R1, R2 et compare sa valeur à une référence fixe interne.
Lorsque c'est le cas, le transistor Q1 est saturé, ce qui porte le courant du source +Vp à la sortie Vo, à travers l'inductance L1.
Quand la tension sur C7 est augmentée d'une quantité exprimée par la logique de contrôle, Q1 est interdit. Le courant en L1 ne cesse pas immédiatement mais il continue à circuler dans la voie D3-L1-C7.
Quand la tension sur C7 cesse de monter et s'abaisse à cause du courant tiré par la charge, un nouveau cycle commence.
Ce convertisseur peut délivrer un courant de 500mA environ.

Convertisseur survolteur

La figure 2 montre le schéma simplifié du convertisseur.
Le logique de commande contrôle la tension de sortie et compare sa valeur à une référence fixe. Quand une tension suffisamment faible est détectée, le transistor Q2 est saturé.
Cela fait circuler du courant de la source +Vp à travers l'inductance L2 et Q2.
Après un délai fixé Q2 est interdit. Le courant en L2 ne peut pas s'annuler instantanément et continue à circuler dans le chemin source +Vp, L2, D4, C8.
Ce courant décroît de façon exponentielle, puis un nouveau cycle commence.

Fig 1

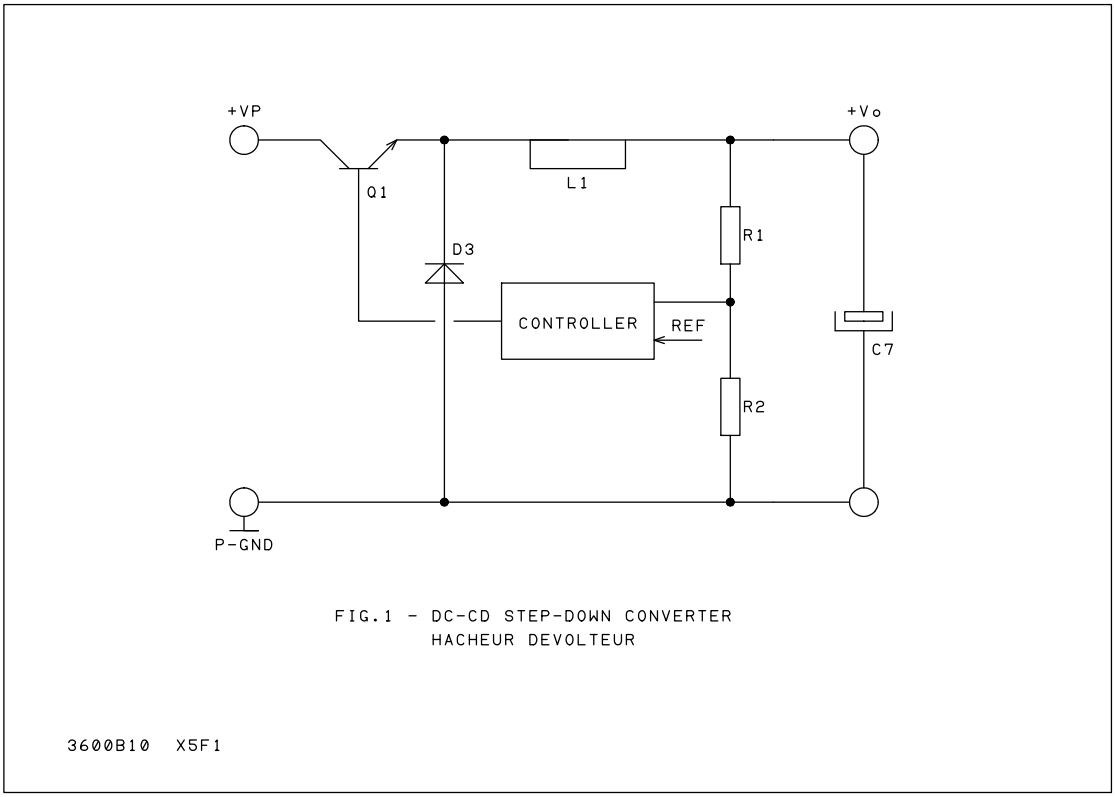


FIG.1 - DC-CD STEP-DOWN CONVERTER
HACHEUR DEVOLTEUR

3600B10 X5F1

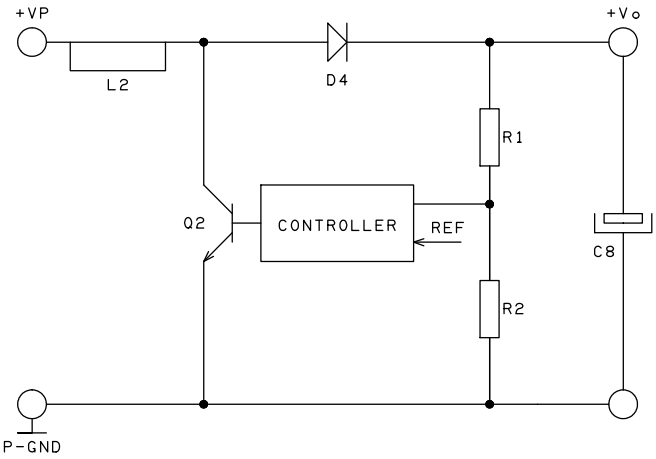


FIG.2 - DC-DC STEP-UP CONVERTER
HACHEUR SURVOLTEUR

3600B10 X5F2

EXERCICE No.19: CONVERTISSEUR C.C.-C.C. DEVOLTEUR

La Fig. 1 montre le schéma du circuit à essayer. La figure 2 montre la mise en place pratique.

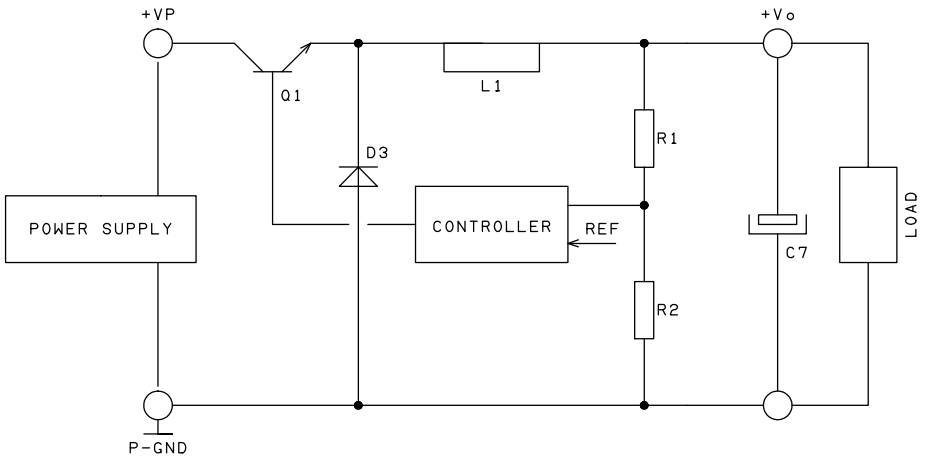
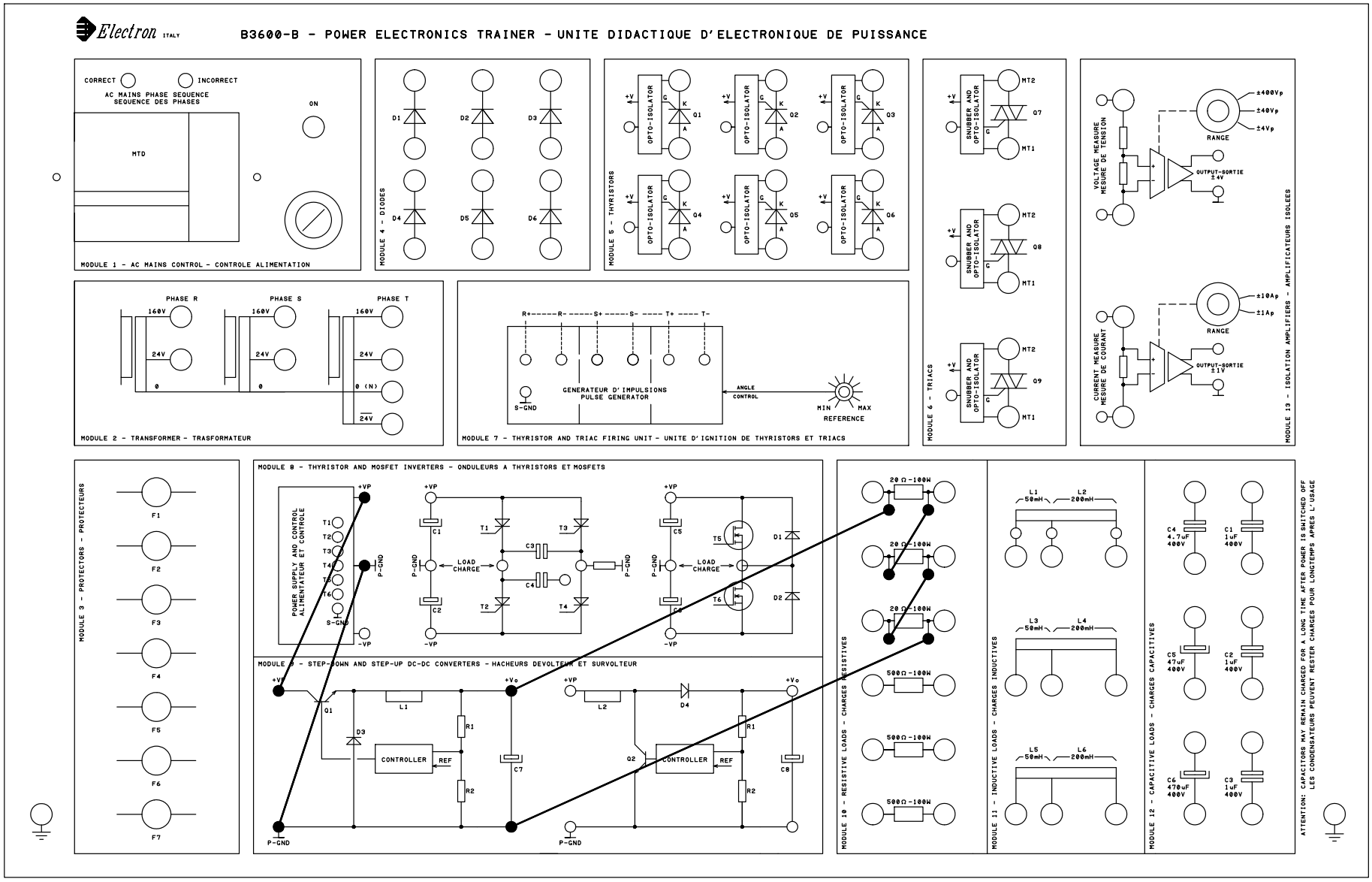


FIG.1 - STUDY OF THE STEP-DOWN CONVERTER
ETUDE DE L'HACHEUR DEVOLTEUR

3600B10 W19F1



WORKSHEET N.19 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP FOR THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W19F2

EXERCICE No.20: CONVERTISSEUR C.C.-C.C. SURVOLTEUR

La Fig. 1 montre le schéma et la Fig. 2 montre la mise en place pratique.

Lors de l'exécution du système noter que l'alimentation du circuit doit être sous tension avant que la charge est appliquée.
Ceci puisque le courant tiré initialement par le circuit est relativement élevé et les protections incorporées dans l'alimentation peuvent fonctionner, empêchant par conséquent que le circuit commence son fonctionnement avec succès.

La correcte séquence est donc de mettre en marche à vide, puis d'appliquer la charge.

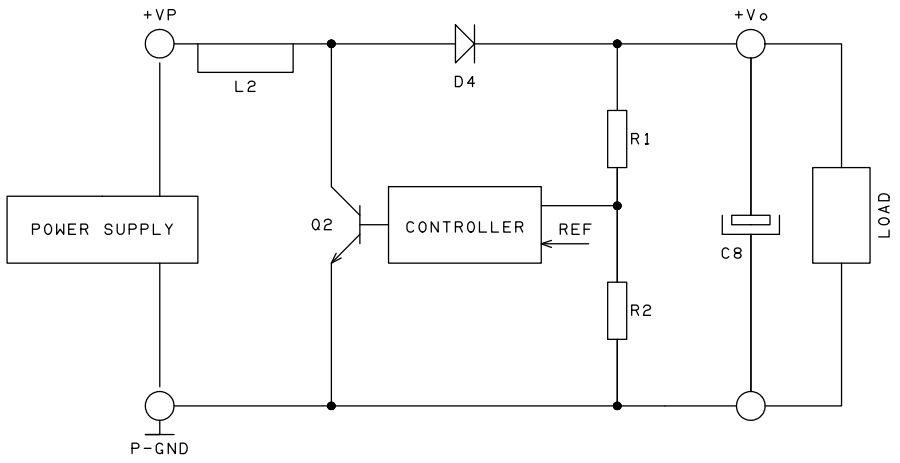
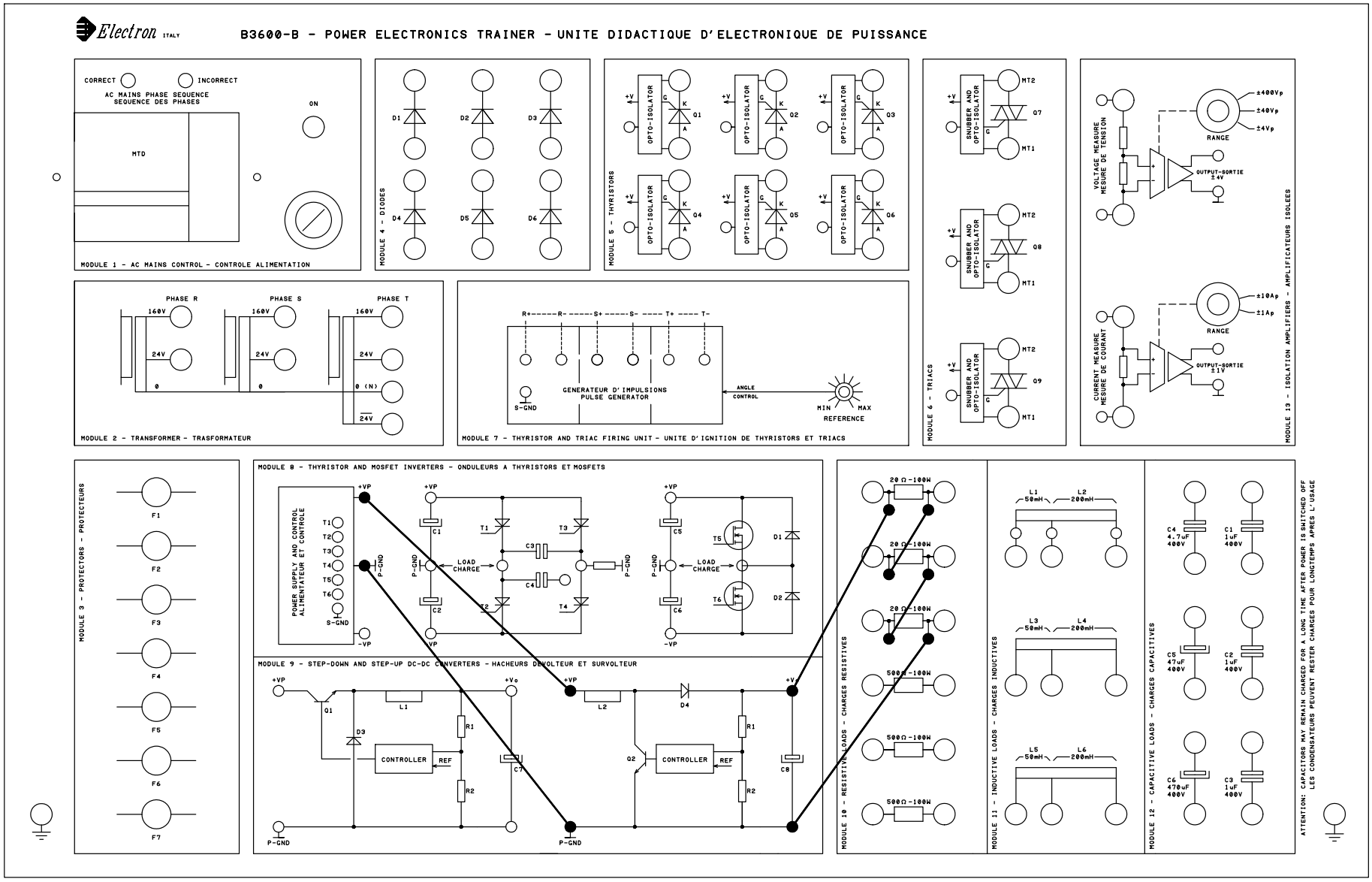


FIG.1 - STUDY OF THE STEP-UP CONVERTER
ETUDE DE L'HACHEUR SURVOLTEUR

3600B10 W20F1



WORKSHEET N.20 - FIG.2 - PRACTICAL SETUP OF THE SCHEME OF FIG.1 - REALISATION PRATIQUE DU SCHEMA EN FIG.1 3600B10 W20F2

6 – UTILISATION DES AMPLIFICATEURS OPTO-ISOLES

L'unité didactique comprend deux amplificateurs de mesure isolés qui permettent de connecter des instruments, en particulier un oscilloscope, dans les circuits de l'expérience.
Il convient de noter que toutes les sources de tension disponibles de l'unité didactique sont isolées du secteur par un transformateur qui fournit les basses tensions recommandées pour les expériences, ainsi que des sources à 160V nominal. L'utilisation d'amplificateurs de mesure isolés n'est donc pas strictement nécessaire et un oscilloscope peut être directement connecté dans les circuits avec seulement:

- une résistance de shunt appropriée pour mesures de courant
- un diviseur de tension approprié pour mesures de tension

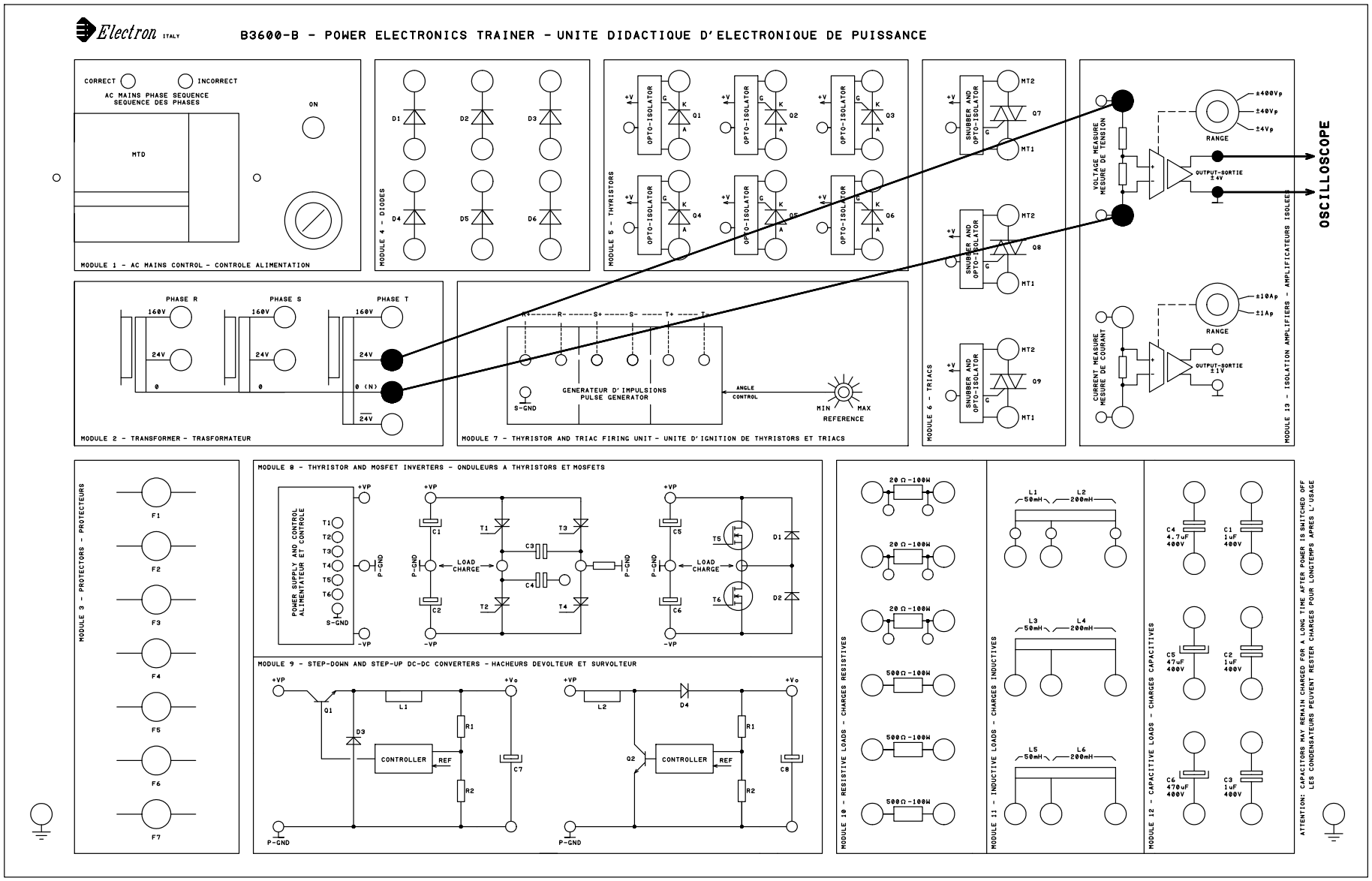
Etudier et pratiquer l'utilisation des amplificateurs d'isolation est toutefois par lui-même un sujet d'étude intéressant. Les instructions de ce paragraphe permettent à l'étudiant d'expérimenter ces éléments:

Mesure de tension

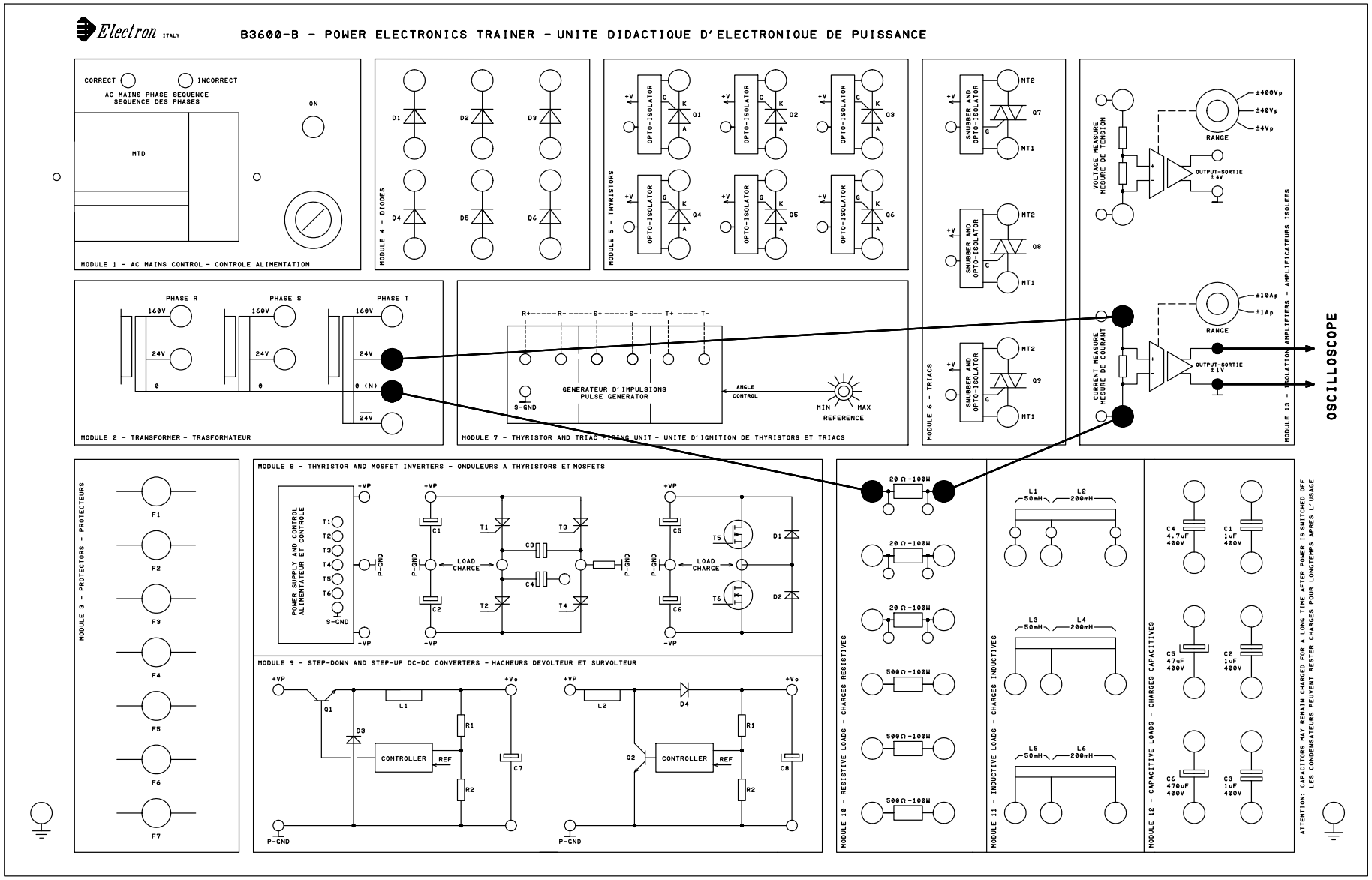
La Fig.1 montre un exemple de configuration pour afficher à l'oscilloscope la tension c.a. disponible d'une des sorties du transformateur.
Pour afficheur un 24V c.a. (nominal), le sélecteur de gamme de l'amplificateur de tension doit être placé à 40V. Les autres gammes disponibles sont 400V et 4V pleine échelle.

Mesure de courant

La Fig.2 montre un exemple de configuration pour afficher des signaux de courant sur l'oscilloscope.
Avec cette configuration le sélecteur de gamme de l'amplificateur doit être placé sur 1A. L'autre gamme disponible est 10A.
Pour votre information la résistance de shunt interne à la sonde de courant isolée est 0.1 Ω



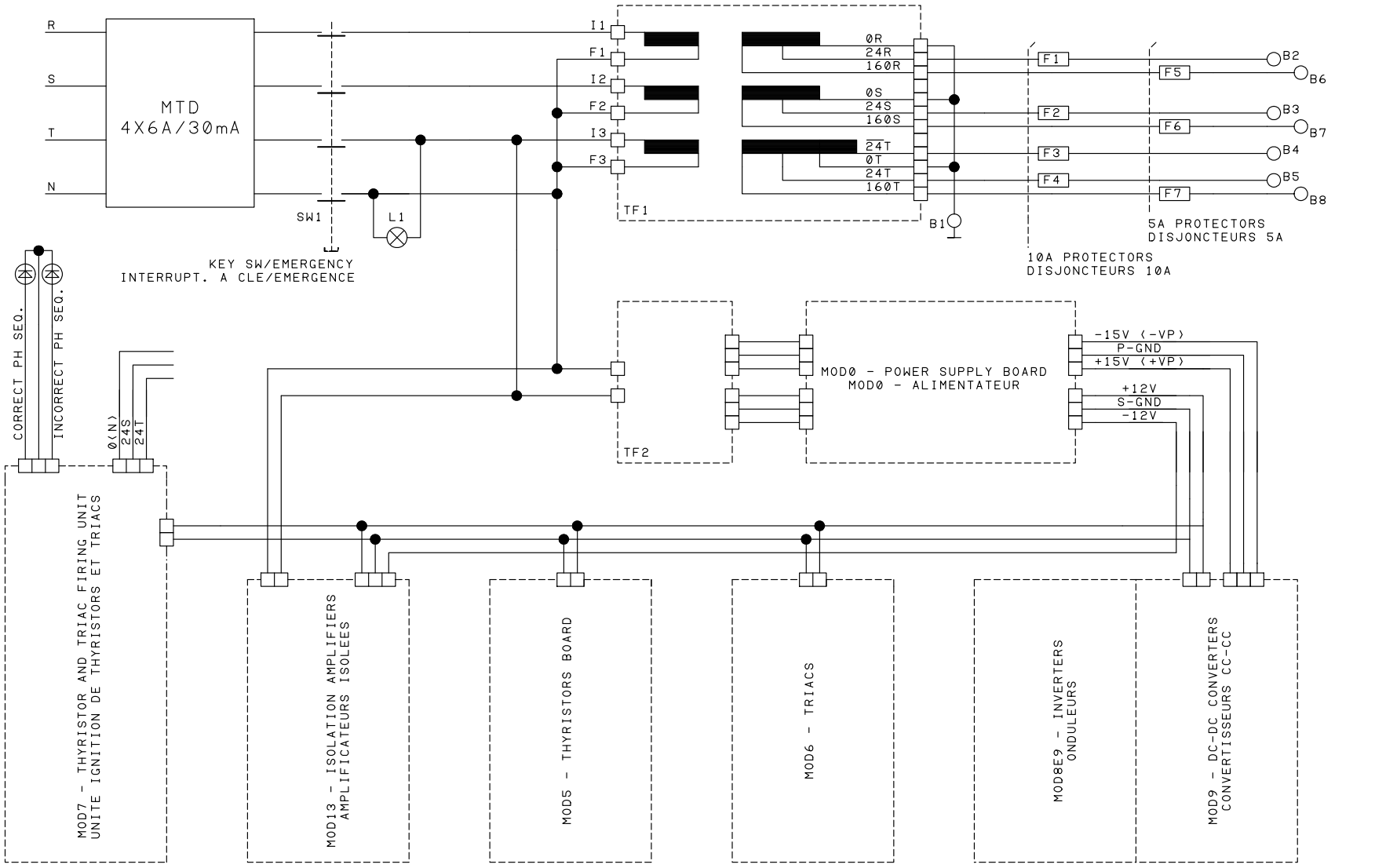
CHAPT.6 - FIG.1 - VOLTAGE MEASUREMENT WITH THE OPTO-ISOLATED AMPLIFIER - MESURE DE TENSION AVEC L'AMPLIFICATEUR OPTO-ISOLE 3600B10 X6F1



CHAPT.6 - FIG.2 - CURRENT MEASUREMENT WITH THE OPTO-ISOLATED AMPLIFIER - MESURE DE COURANT AVEC L'AMPLIFICATEUR OPTO-ISOLE 3600B10 X6F2

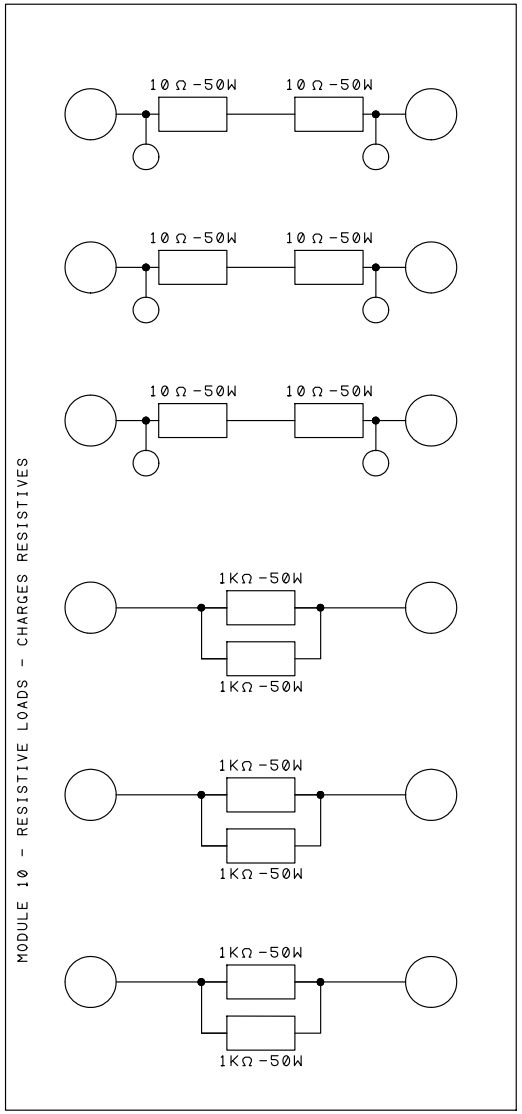
7 – ENTRETIEN DE L'UNITE DIDACTIQUE

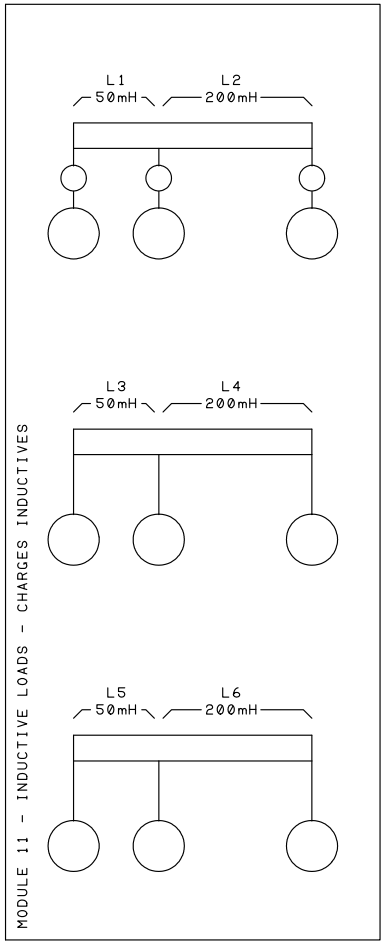
Cette section comprend tous les schémas de l'unité didactique.
On recommande en cas de réparations d'utiliser des pièces identique à l'original.

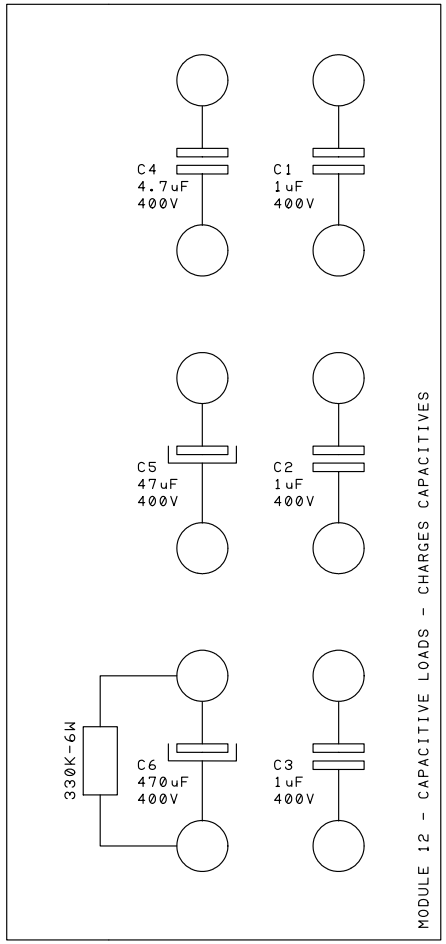


3600B10 - POWER ELECTRONICS TRAINER

SCHEME, SH1, 12.2010

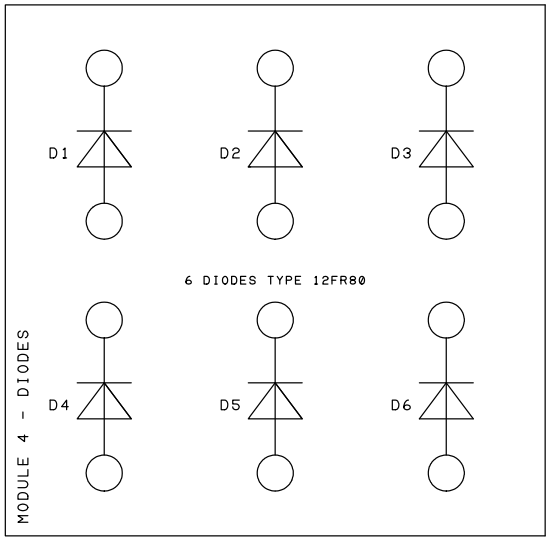


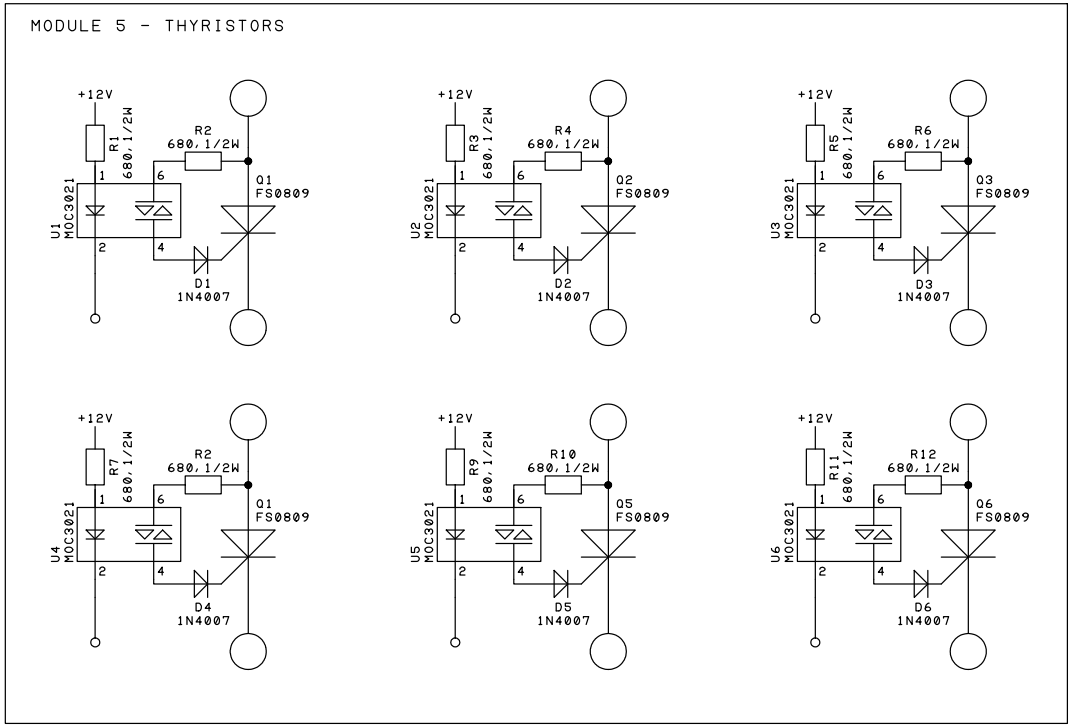


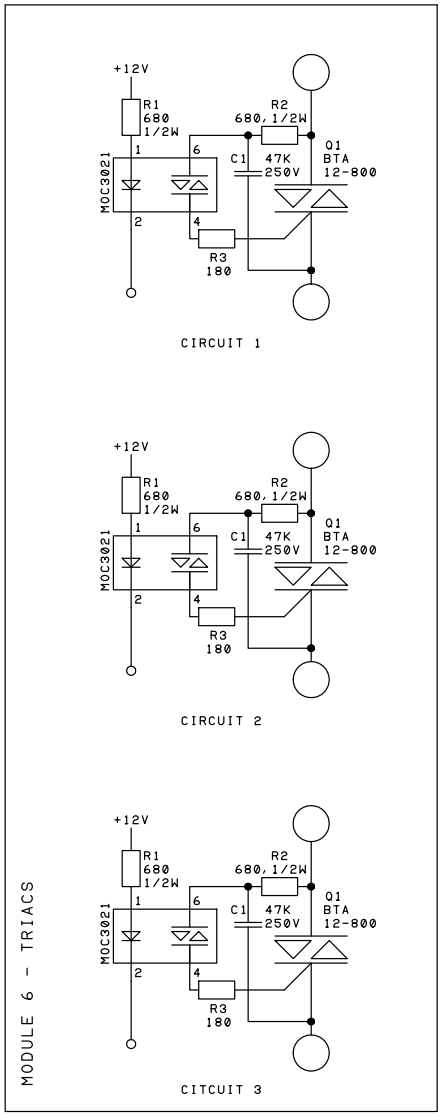


3600B10 - POWER ELECTRONICS TRAINER

SCHEME, SCH2 - 12.2010

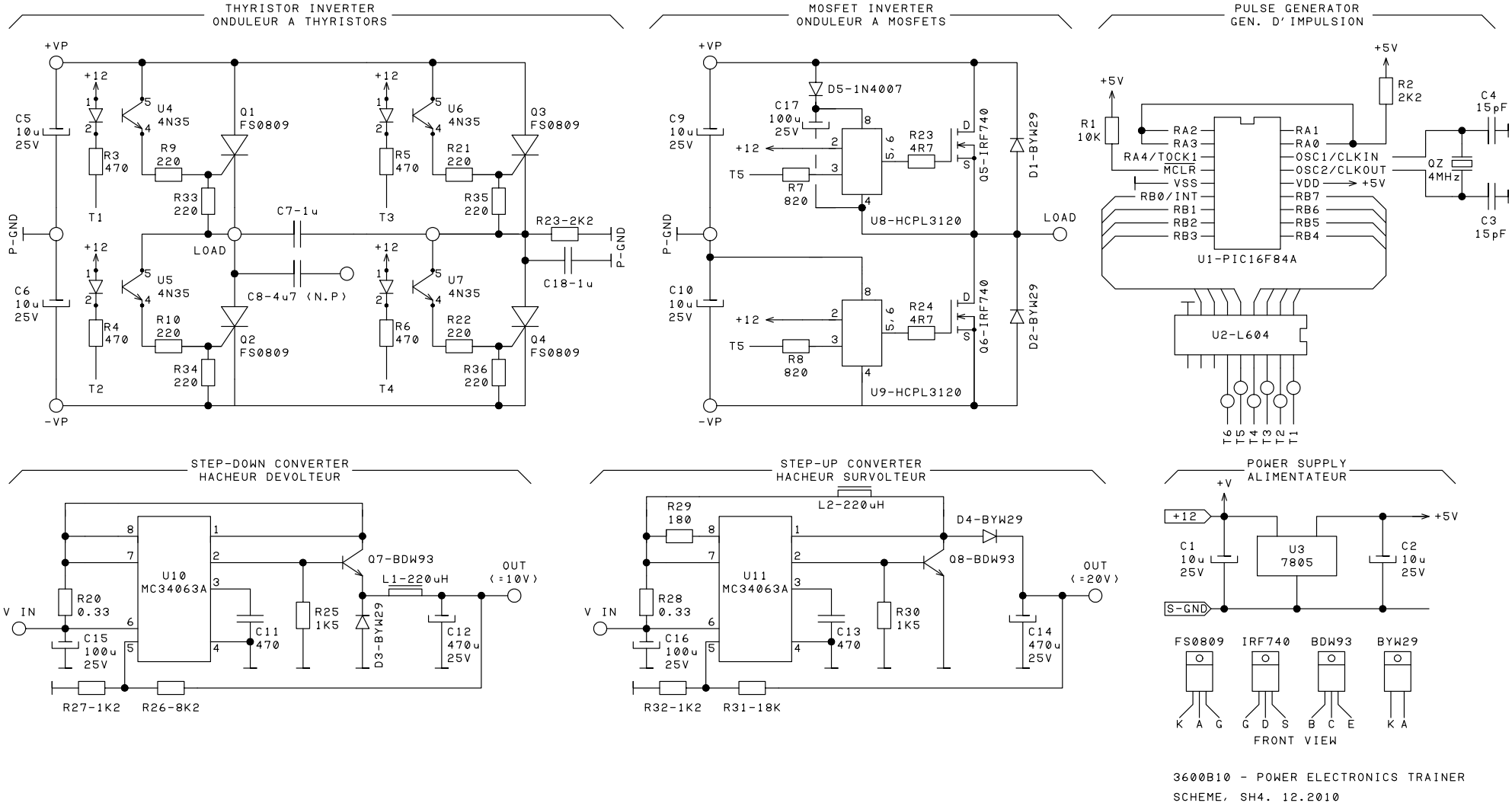






3600B10 - POWER ELECTRONICS TRAINER

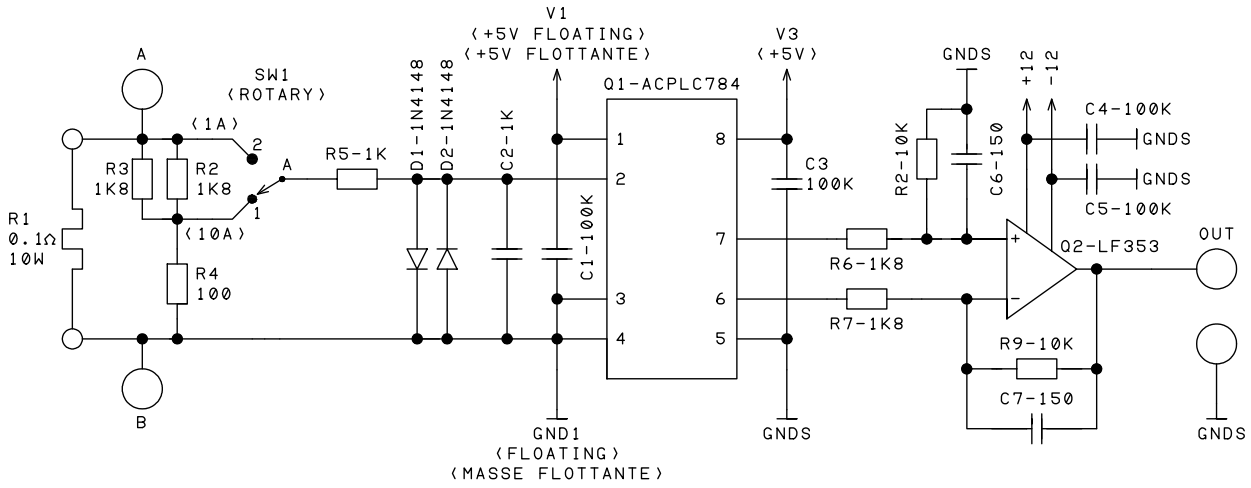
SCHEME, SCH3 - 12.2010



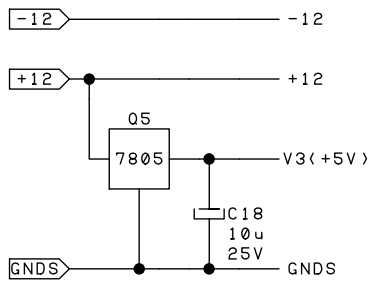
3600B10 - POWER ELECTRONICS TRAINER

SCHEME, SH4. 12.2010

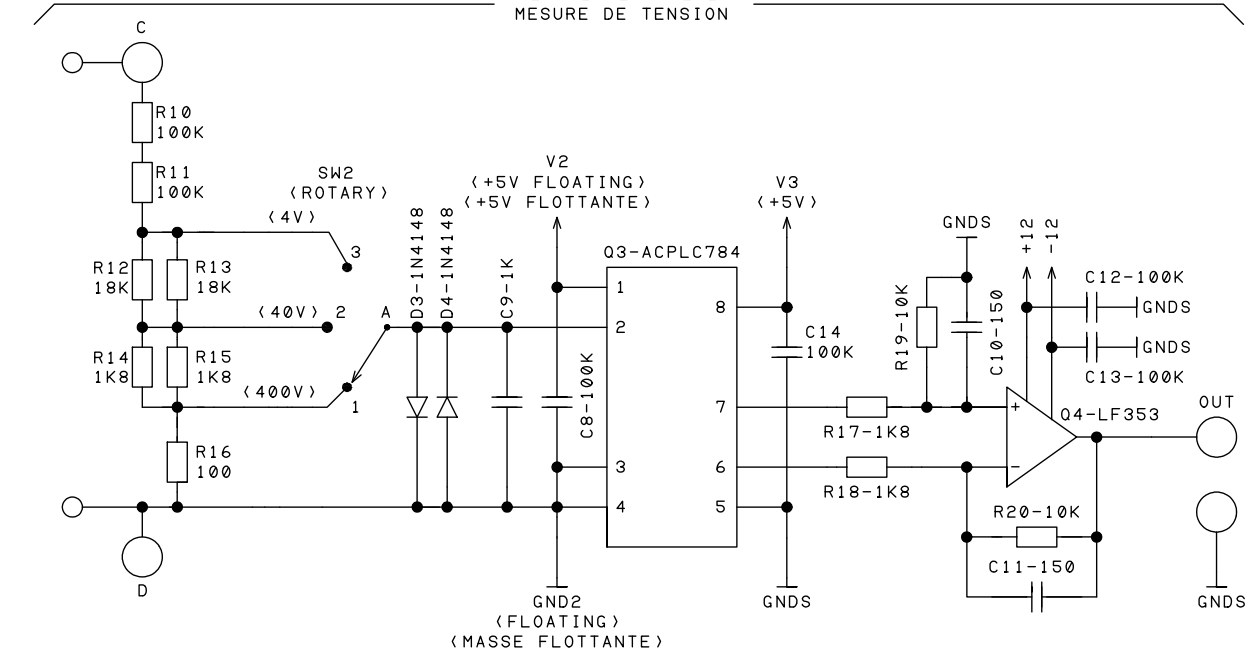
CURRENT MEASUREMENT
MESURE DE COURANT

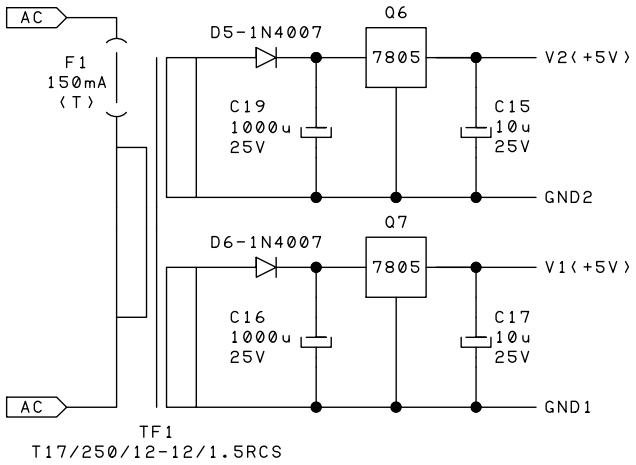


POWER SUPPLIES
ALIMENTATEUR



VOLTAGE MEASUREMENT
MESURE DE TENSION





3600B10 - POWER ELECTRONICS TRAINER
SCHEME, SH5. 12.2010